**Vysoká škola báňská**
**Technická univerzita Ostrava**
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

2005 Petr Osmančík

**Vysoká škola báňská**
**Technická univerzita Ostrava**
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**
**Katedra informatiky**

# Externí paměti počítačů

2005

Petr Osmančík

# Zadání diplomové práce

**Téma:** Externí paměti počítačů

**Diplomant:** Petr Osmančík

**Zásady pro vypracování:**

Vypracujte přehledový materiál o principech a možnostech realizace externích paměti počítačů. Z tohoto materiálu navrhněte 10-ti stránkový studijní materiál pro studenty informatiky.

1. Historický vývoj externích pamětí .
2. Paměti magnetické.
3. Paměti optické.
4. Paměti magnetooptické.
5. Principy ukládání dat pro jednotlivé technologie, organizace dat na médiu.
6. Souhrn nejpoužívanějších technologii a jejich vlastností.

Vlastnosti a principy činnosti jednotlivých technologií musí být založeny na kvalitně zpracovaných schématech a obrázcích. Požadovaný formát: LaTeX, obrázky xfig.

**Vedoucí:** Ing. Petr Olivka

**Datum zadání:** 15.listopad 2004

**Termín odevzdání:** 10.května 2005

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Dobroslavicích 30 Dubna 2005.

.....

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Petru Olivkovi za vstřícnou pomoc a podnětné připomínky pro vypracování této diplomové práce.

## Abstrakt

Diplomová práce se zabývá externími pamětmi počítačů a jejich historickým vývojem. Práce popisuje paměti megnatické, optické a megnetooptické, principy ukládání dat pro jednotlivé technologie a organizaci dat na médiu. Výsledkem této práce je studijní materiál pro studenty katedry iformatiky, ale také studie pro všechny, kdo se o tuto problematiku zajímají.



## Klíčová slova

externí paměti, paměti magnetické, paměti optické, paměti magnetooptické, organizace dat



## Abstract

The thesis work deals with extern memories and their history. The work describes magnetic memories, optical memories and magnetooptical memories and principle of data storage using different technologies and organization of data in medium. The result of this work is a studying material for students of the Department of Computer Science, but also for anyone else.



## Key words

extern memories, magnetic memories, optical memories, magnetooptical memories, organization of data

## Zkratky

| | |
|---|---|
| ADPCM | Adaptive Differential Pulse Code Modulation |
| AFC | Antiferomagnetically Coupled media |
| CAV | Constant Angular Velocity |
| CD | Compact Disc |
| CD-R | Compact Disc-Recordable |
| CD-ROM | Compact Disc-Read Only Memory |
| CD-RW | Compact Disc-Re Writeable |
| CLV | Constant Linear Velocity |
| DivX | Digital Video eXpress |
| DVD | Digital Versatile Disc |
| ECC | Error Correction Code |
| EDC | Error Detection Code |
| FDD | Floppy Disc Drive |
| FM | Frequency Modulation |
| GMR | Giant Magnetoresistive head |
| HAMR | Heat AssistedMagnetic Recording |
| HDD | Hard Disc Drive |
| IDE | Integrated Drive Electronics |
| MFM | Modified Frequency Modulation |
| MPEG | Mottion Picture Experts Group |
| MR | Magnetoresistive head |
| RLL | Run Lenght Limited |
| SCSI | Small Computer System Interface |

# Obsah


**1 Úvod** **1**

**2 Historie** **2**
2.1 Pevný disk . . . 2
2.2 Disketová mechanika . . . 4
2.3 CD-ROM . . . 4
2.4 DVD . . . 5

**3 Paměti magnetické** **6**
3.1 Princip ukládání dat . . . 6
3.2 Média pro magnetický záznam . . . 7
3.2.1 Média s lakovou vrstvou . . . 8
3.2.2 Média s tenkou vrstvou . . . 9
3.2.3 Média AFC . . . 10
3.2.4 Média HAMR . . . 10
3.3 Pevný disk . . . 12
3.3.1 Části pevného disku . . . 12
3.3.2 Geometrie disku . . . 16
3.3.3 Charakteristiky pevných disků . . . 17
3.3.4 Rozhraní . . . 20
3.4 Disketové mechaniky . . . 23
3.4.1 Části disketové mechaniky . . . 23
3.4.2 Typy disketových mechanik . . . 24
3.4.3 Konstrukce 3,5” disket . . . 25
3.4.4 Výměna diskety . . . 26
3.4.5 Rozhraní disketových mechanik . . . 26
3.5 Přenosná média s vysokou kapacitou . . . 27
3.5.1 Disková média . . . 27
3.5.2 Pásková média . . . 28

**4 Paměti optické** **30**
4.1 Princip ukládání dat . . . 30
4.1.1 Jamky a pevniny . . . 31
4.1.2 Stopy a sektory . . . 32
4.2 Média pro optický záznam . . . 33
4.2.1 CD disky . . . 33

4.2.2 DVD disky . . . . . 36
4.3 CD ROM . . . . . 39
4.3.1 Části mechaniky CD-ROM . . . . . 40
4.3.2 Charakteristiky CD-ROM . . . . . 41
4.3.3 Rozhraní . . . . . 43
4.3.4 Formáty CD-ROM . . . . . 44
4.4 DVD . . . . . 46
4.4.1 Charakteristiky DVD mechanik . . . . . 46
4.4.2 Typy mechanik umožňujících zápis . . . . . 47

**5 Paměti magneto-optické** **49**
5.1 Princip ukládání dat . . . . . 49
5.2 Média pro magnetooptický záznam . . . . . 51
5.3 Magnetooptické disky . . . . . 51
5.3.1 Geometrie disku . . . . . 52
5.3.2 Výkonové charakteristiky . . . . . 52
5.3.3 Rozhraní . . . . . 52

**6 Závěr** **53**

**Literatura** **54**

**A Souhrn nejpoužívanějších technologií** **55**

# Seznam obrázků


3.1 Princip magnetického zápisu . . . . . 6
3.2 Sloučená MR hlava . . . . . 14
3.3 Cylindry . . . . . 16
3.4 Stopy a sektory . . . . . 17
3.5 Prokládání . . . . . 19
3.6 Kódování . . . . . 20
3.7 Sestava hlavy disketové mechaniky . . . . . 23

4.1 Princip optického záznamu . . . . . 31
4.2 Jamky a pevniny u CD médií . . . . . 32
4.3 Vrstvy CD, CD-R a CD-RW médií . . . . . 34
4.4 Typy DVD diskových médií (DVD-5, DVD-9) . . . . . 37
4.5 Typy DVD diskových médií (DVD-10, DVD-18) . . . . . 38
4.6 Spirálovitá stopa . . . . . 39

5.1 Záznam dat u magnetooptických disků . . . . . 49
5.2 Kerrův efekt . . . . . 50
5.3 Čtení dat u magnetooptických disků . . . . . 51

# Seznam tabulek

3.1 Kódování RLL v porovnání s MFM . . . . . 20
3.2 Varianty rozhraní SCSI . . . . . 21

4.1 Rozdíly mezi CD a DVD . . . . . 32
4.2 Kapacita DVD médií . . . . . 36

# Kapitola 1

# Úvod

Diplomová práce se zabývá externími paměťmi počítačů, které jsou nezbytnou součástí každého počítače. Slouží k dlouhodobějšímu uchování dat. Jsou realizovaná většinou na principu magnetického nebo optického záznamu dat (popř. jejich kombinací). Ve srovnání s operační (vnitřní) pamětí bývá přístup k jejím datům pomalejší. Vlastnosti pamětí ovlivňují výkon celého výpočetního systému, který se neustále vyvíjí.

V první kapitole se diplomová práce zabývá vývojem a historií externích pamětí. Další kapitoly jsou rozděleny podle typu pamětí, a to na paměti magnetické, optické a paměti magnetooptické. V každé z těchto kapitol jsou probrány principy ukládání a organizace dat, popsána použitá média a jednotlivé paměti.

Největší část diplomové práce je věnována právě pamětem magnetickým, které jsou používány pro zálohování dat v největší míře a také nejdéle.

# Kapitola 2

# Historie

## 2.1 Pevný disk

První pevný disk byl v počítači s názvem *RAMAC* (Random Access Method of Accounting and Control), představený společností IBM 13. září roku 1953. Disk pojmenovali *IBM 350 Disk File*. Revolučnost disku spočívala v „náhodném“, a nikoli sekvenčním přístupu k datům. Data byla uložena ve stopách na magnetickém povrchu diskové plotny, která se otáčela a nad níž se pohybovala čtecí a zápisová hlava. Disk s 50 plotnami o průměru 60 cm (24 palců) měl kapacitu 5 MB.

RAMAC byl dodáván komerčně, ale nebyl na prodej. Společnost IBM jej pronajímala za 35 tisíc dolarů ročně( 7 000 dolarů za megabajt ročně). Mezi velké nedostatky disku patřila velká poruchovost, vysoká hmotnost (vážil jednu tunu) a nutnost umístit jej v klimatizovaných prostorách. Nadále se tedy u firem provozující počítače dávala přednost levnějším a jednodušším děrným páskám. Od 60. let pak páskám magnetickým.

V 60. letech společnost IBM vyvinula vyjímatelné disky (vyměňovaly se přímo kotouče disku) a feritové čtecí hlavy. O možnosti zabývat se diskovou technologií se začaly zajímat i jiné firmy. Začínající firmě Memorex se podařilo od IBM odlákat Alana Shugarta, který stál u vzniku technologie *Advanced Disk File*. Tato technologie spočívala v tom, že každá plotna měla z obou stran k dispozici vlastní čtecí a zápisovou hlavu. Shugart postupně odlákal od IBM většinu vývojového týmu a v roce 1973 založil vlastní firmu Shugart Associates. Po roce byl Alana Shugarta z vedení firmy odvolán. Shugart nakonec v roce 1979 založil spolu s Finisem Connerem novou firmu, tentokrát pod názvem Shugart Technology a opět zaměřenou na produkci pevných disků. Kvůli ochranným známkám firma po půl roce změnila název na Seagate Technology. Finnis Conner po čase odešel, aby založil vlastní firmu Conner Peripherals, a tu v roce 1995 koupila společnost Seagate.

Ani vývoj u IBM se nezastavil. Po Shugartově odchodu se vývojový tým brzy zkonsolidoval a už v roce 1971 společnost IBM představila vůbec první „pružný“ disk, který se stal prototypem dnešních disket. Od tohoto okamžiku se disky začaly dělit na „pevné“ (magnetická vrstva byla nanesena na kovovou plotnu) a „pružné“ (základem byla plastová fólie). První diskety IBM s kódovým označením Igar měly průměr osm palců a kapacitu 156 KB.

V roce 1973 byla zveřejněna první uzavřená disková jednotka, do níž byla přímo integrována i čtecí hlava. Jeden kotouč byl v disku umístěn napevno, druhý byl výměnný. Disková jednotka měla kapacitu 30 MB pouze ke čtení a 30 MB ke čtení i k zápisu. Tato číselná kombinace (30-30) přivedla vedoucího projektu Kena Haughtena na nápad, jak celý projekt nazvat a to sice podle opakovačky Winchester 3030. Disky *Winchester* byly ještě celou dekádu hlavním vodítkem při vývoji dalších pevných disků.

V roce 1980 představila firma Seagate nový model disku. Jednalo se o 5,25” disk se zcela novým rozhraním. Rozhraní se stalo standardem na více než 10 let a mělo označení ST-506. Následujících dvacet let se vývoj v oblasti diskových technologií příliš nezměnil, zaměřil se pouze na to, jak zpřesnit výrobní proces (aby se na plotnu vešlo více stop) a zdokonalit mechaniku disků (aby se mohly otáčet rychleji) a tím zvýšit přenosovou rychlost. Následující údaje uvádí přibližné zlomové okamžiky:

- 1983 - První 3,5” pevný disk

  Vyvinula firma Rodine. Rozměr disku se stal standardem.

- 1985 - První pevný disk pro PC

  Byla vyrobena první ISA karta pro připojení pevného disku do PC.

- 1986 - Elektromagnetický pohon hlav

  Firma Conner Peripherals přišla s náhradou za krokové motorky. Šlo o lineární pohon *(voice coil)* používaný dodnes.

- 1988 - 1” tlustý pevný disk

  Vyvinula firma Conner Peripherals. Tloušťka disku se snížila na 1” a stala se dalším standardem.

- 1988 - První 2,5” disk

  Firmě PrairieTek se podařilo snížit rozměr disku na 2,5”. Používají se v přenosných počítačích.

- 1990 - Magnetorezistivní hlava

  Vyvinuto firmou IBM. Model 681 (Redwing) s kapacitou 857 MB byl první disk s magnetorezistivní hlavou využívající *PRML* záznam.

- 1991 - 1,8” pevný disk

  Firma Integral Peripheral snížila velikost disku na 1,8”. Tato velikost byla později využita v *PC-Card*.

- 1992 - 1,3” pevný disk

  Firma Hewlett Packard snížila velikost disku na 1,3”.

- 1993 - Rychlost otáček disku 7200 ot/min

  Firma Seagate Technology vyrobila disk ST12550 Barracuda.

- 1997 - *Giant Magneto Resistance hlava*

  IBM začalo používat vylepšenou technologii zápisu. Dosáhla tím dalšího zvýšení záznamové hustoty.

- 1997 - Rychlost otáček disku 10 000 ot/min

  Seagate Technology představila disk ST19101 Cheetah 9 točící se rychlostí 10 000 ot/min.

- 2001 - média s technologií AFC

  Technologie pro výrobu pevných disků uvedenou firmou IBM. Použití AFC médií by mělo v budoucnu umožnit zvýšení kapacity plošné hustoty na 100Gb/in$^2$.

- 2002 - HAMR technologie

  Firmou Seagate představena převratná technologie v ukládání dat. Při zachování stejného principu magnetického záznamu, se hustota zápisu zvýší o dva řády a bude možno uložit padesát bilionů bitů dat na čtvereční palec.

Při porovnání datové hustoty na palec, v 70. letech byla maximální hustota na čtvereční palec 80Mb , na počátku 90. let to bylo již 800Mb na čtvereční palec. V dnešní době jsou běžně k dispozici pevné disky s datovou hustotou 32Gb na čtvereční palec.

Hranice datové hustoty nelze posouvat do nekonečna , v jistém okamžiku totiž dochází ke vzniku tzv. *superparamagnetických* sil . Ty vznikají jsou - li magnetické částice příliš malé a energie potřebná k jejich magnetizaci je menší než tepelná energie vznikající např. při otáčení disku , tato skutečnost by nutně způsobila, že magnetizace domén by nebyla dostatečně trvalá, a docházelo by ke ztrátám dat.

Současné pevné disky mají kapacity stovky GB, s přenosovou rychlostí v desítkách MB/s. Přístupové doby se pohybují mezi 8 - 10 ms a čas potřebný na nastavení hlavičky nad stopu (*seek time*) mezi 7 - 9 ms. Špičkové disky pro *High-end* systémy se otáčejí rychlostí až 15 000 ot/min. při průměru ploten 2,5 resp. 3,5 palce, tj. hlavičky plovoucí řádově desítky až stovky nanometrů nad povrchem disku se vůči němu pohybují rychlostí až přes 60 m/s. To je také důvod, proč jsou disky tak citlivé na otřesy (pouhé překlopení disku ležícího na boku do jeho obvyklé polohy může rozkmitat hlavičky se zrychlením až 100 G, což při tak malých vzdálenostech může mít katastrofální důsledky v podobě srážky hlaviček s povrchem disku).

## 2.2 Disketová mechanika

Vynález disketové mechaniky je přisuzován Alanu Shugartovi. Ten se v roce 1967 zabýval u firmy IBM vývojem pevných disků. David Noble (jeden z pracovníků Shugarta), tehdy navrhl disketu o průměru 8”, přičemž současně navrhl i její obal. První disketová mechanika pro diskety o velikosti 5,25” byla vyvinuta v roce 1976 firmou Shugart Associates.

V roce 1983 uvedla společnost Sony na trh první 3,5 palcovou disketu, s kapacitou 875 KB. Tyto mechaniky a diskety byly zpočátku využívány jen firmou Hewlett-Packard u jejích počítačů HP-150, které již byly částečně kompatibilní s PC. V roce 1984 ale tyto mechaniky začala používat také firma Apple Computer u svých osobních počítačů Macintosh a o dva roky později se připojila i firma IBM.

Dodnes jsou téměř všechny disketové mechaniky včetně jejich rozhraní a příkazů založeny na původních myšlenkách Alana Shugarta a jeho spolupracovníků.

## 2.3 CD-ROM

Počátek vývoje CD-ROM se datuje k roku 1978, kdy firmy Philips a Sony uzavřely smlouvu o spolupráci při vývoji zvukových CD (CD-DA). Firma Philips se do té doby zabývala vývojem přehrávačů, využívajících laserového paprsku, zatímco firma Sony měla poznatky z oblasti digitálního záznamu zvuku. Firma Philips přispěla především vývojem média, firma Sony měla na starosti vývoj digitálně-analogových převodníků a obvodů ( obvodů digitálního kódování a opravy chyb). O čtyři roky později obě firmy specifikovaly standard těchto CD (tzv. Red Book), který se využívá dodnes. Průměr disku 12 cm byl zvolen proto, aby se na nové médium vešla celá Devátá symfonie Ludwiga van Beethovena bez přerušení.

Obě firmy spolu pracovaly ještě deset let. V roce 1994 byl uveřejněn standard Yellow Book CD-ROM, umožňující využít CD média i pro ukládání počítačových dat. Standard Yellow Book využívá

fyzicky stejné médium definované standardem Red Book s tím rozdílem, že modifikuje kódovací elektroniku tak, aby bylo možné data spolehlivě ukládat. Všechny následně vyvinuté standardy se z hlediska fyzických parametrů média odkazují na původní standard Red Book.

První mechanika CD-R umožňující zápis, byla uvedena na trh v roce 1988. Stála okolo 50 000 USD a byla velká jako automatická pračka. Média se prodávala za 100 dolarů. Firma Philips v roce 1991 představila mechaniku s dvou rychlostním zápisem dat. Zlomovým okamžikem byl rok 1995. V té době firma Hewlett-Packard začala s prodejem 2x mechaniky za méně než 1000 dolarů. Reakcí byla obrovská poptávka, tím docházelo k dalšímu rozšíření výroby a poklesu cen. V roce 1996 byla představena první CD-RW mechanika od firmy Ricoh, spolu se standardem Orange Book, obsahující popis standardu CD-RW.

## 2.4 DVD

V roce 1995 dvě firmy zahájily vývoj médií CD-ROM o zvýšené kapacitě. Důsledkem byl vznik dvou nekompatibilních standardů (Multimedia CD firem Sony a Philips a Super Density firem Toshiba, Time Warner a dalších).

Z důvodů obav, že se jednotlivé firmy budou snažit prosadit na trhu své vlastní standardy, vytvořilo několik dalších firem konsorcium (včetně Hollywood Video Disc Advisory a Computer Industry Technical Working Group). Toto konsorcium mělo za cíl kontrolovat formáty DVD. Od počátku své existence konsorcium trvalo na jednotném formátu a odmítlo akceptovat standardy do té doby vyvinuté. Proto se obě konkurenční strany v září roku 1995 spojily a představily specifikaci nového vysokokapacitního CD-ROM. Tento standard byl kombinací obou původních konkurenčních standardů a byl nazván DVD (Digital Video Disc). Později byl význam této zkratky změněn na Digital Versatile Disc, univerzální digitální disk.

V lednu roku 1997 byly na veletrhu CES v Las Pegas představeny první DVD přehrávače a disky. O dva měsíce později tyto přehrávače a disky vstoupily na americký trh. Přitom zpočátku bylo nabízeno pouhých 36 titulů, které byly dostupné pouze v sedmi amerických městech. Rozšíření DVD na americkém trhu došlo v srpnu 1997.

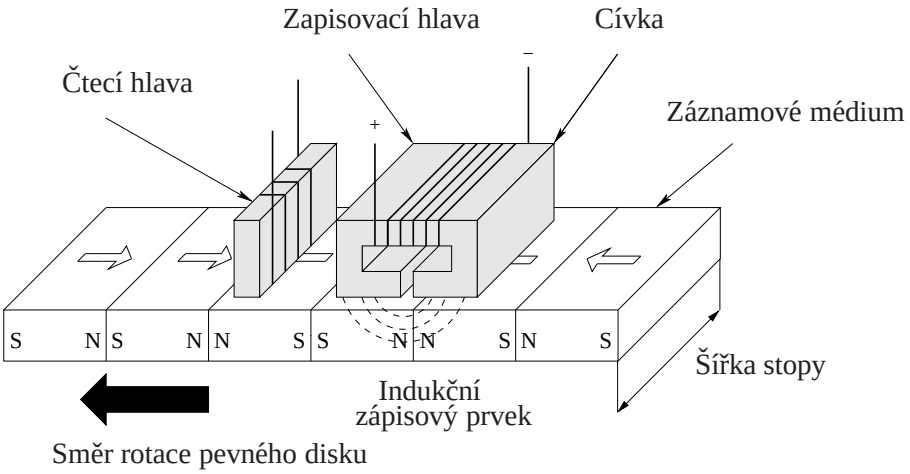
DVD Forum je organizace, která řídí další vývoj standardu DVD. Je tvořena vedoucími firmami elektronického průmyslu. Protože se jedná o veřejnou organizaci, může se k ní připojit kterákoliv další firma s možností navštěvovat zasedání organizace. Od založení v dubnu v roce 1997 se k ní připojilo více než 230 dalších firem. Protože se ale organizace DVD Forum nebyla schopna shodnout na formátu DVD médií umožňujících zápis, odštěpily se v roce 2000 v červnu firmy Sony, Philips a některé další a založily alianci DVD+RW Aliance. Výsledkem vývoje těchto firem je formát DVD+RW, který je velmi flexibilní a nabízí míru zpětné kompatibility.

# Kapitola 3

# Paměti magnetické

## 3.1 Princip ukládání dat

Vnější paměti nejčastěji pracují s magnetickým záznamem. Záznamové médium má tvar kruhové desky (disk, disketa) nebo dlouhé pásky (magnetická páska), je pokryto aktivní magnetickou vrstvou a pohybuje se konstantní rychlostí. V bodu dotyku s povrchem média nebo jen v nepatrné vzdálenosti od něj je štěrbina (o šířce cca 1 mikrometr, u médií se stříkanou aktivní tenkou vrstvou jen 0,01 mikrometru) magnetického obvodu. Ten tvoří jádro (přerušené právě touto štěrbinou), na němž je navlečená cívka. Magnetický tok, který prochází jádrem (při průchodu elektrického proudu cívkou) se v místě štěrbiny rozptyluje do nejbližšího okolí a uzavírá přes vzduchovou mezeru. Jeho rozptýlené siločáry zasahují i do aktivní vrstvy záznamového materiálu, kterou magnetizují. (obr.3.1)




Obrázek 3.1: Princip magnetického zápisu

Pokud se mění směr elektrického proudu v cívce, mění se směr magnetického toku jádrem i vzduchovou štěrbinou a tím i smysl magnetizace vrstvy. Když se vrstva pohybuje, vznikají v ní oblasti magnetované tím či oním směrem a mezi nimi místa magnetických změn. Těm říkáme místa *magnetických reverzací*. Právě jejich přítomnost na médiu představují zapsanou informaci. Při čtení se médium pod hlavičkou pohybuje stále stejným směrem. Magnetické reverzace nyní představují

změny magnetického pole vyvolávané magnetickým médiem. Tyto změny způsobují vznik napěťových impulsů na svorkách cívky, které pak dále zpracovávají elektronické zesilovače.

Jedním z problémů magnetického záznamu je, jak určit právě ta místa, ve kterých při čtení zjišťovat přítomnost reverzací. Médium s uloženými daty se totiž při zápisu může pohybovat jinou rychlostí než při čtení, proto nelze vzdálenost měřit časem. Kromě toho dochází ke zdánlivému posuvu reverzací na již zaznamenaném médiu, takže ani přesné dodržení rychlosti problém neřeší. Posun reverzací se dá vysvětlit následovně: předpokladem je, že se má zapsat posloupnost několika bitů. Jeden bit dat se zapisuje do jednoho bitového intervalu. Všechny bitové intervaly pro jedničky i nuly jsou stejně dlouhé. Každá jednička se zaznamenává jednou reverzací, pro nulu se reverzace v bitovém intervalu neprovádí. Toto kódování se nazývá „bez návratu k nule s inverzí“ (*Not Return to Zero with Inversion - NRZI*).

Při čtení se reverzace jeví jako kladné nebo záporné napěťové pulsy. Polarita není rozhodující, každý puls značí jednu přečtenou jedničku. Jednoduchý je případ, kdy hustota zaznamenané informace je malá (vzhledem k velikosti generovaného pulsu). Čím více se ale reverzace přibližují, tím složitější a deformovanější napěťový průběh získáváme na cívce čtecí hlavičky. Elektronickými obvody lze detekovat místa s maximální amplitudou a určit tak zapsané jedničky. Mnohem horší je ale skutečnost, že se tyto maximální amplitudy vyskytují na jiných místech, tedy v jiných okamžicích, než byly zapsány. Posunutí reverzací způsobuje, že zapsanou posloupnost nelze s určitostí správně interpretovat, zvláště pak v případech, kdy bylo za sebou zapsáno několik nul. Možným řešením by bylo souběžné zaznamenávání časových synchronizačních značek, které by se poté daly využít jako opěrné body pro stanovení oněch míst. Žádné souběžné zaznamenávání synchronizačních značek však v tomto kódu není možné, posun reverzací se tedy řeší tzv. *předkompenzací*. Ta spočívá v jednoduchém předpokladu, že k posunutí dojde při čtení. Tak se některé reverzace zapisují později, než by se zapisovat měly, jiné naopak dříve. Posunutím se ocitnou blíže místu, kde by se měly vyskytovat v ideálním případě.

Na magnetických páskách je záznam synchronizačních značek jednoduchý, z důvodu zápisu několika stop paralelně. K datovým bitům se přidá ještě jeden synchronizační a zapisuje se například do devíti stop. Synchronizační stopa se dá ještě navíc využít k záznamu paritního bitu pro zabezpečení proti chybám. K záznamu jednoho bitu je třeba průměrně 0,5 reverzace. Mnohem běžnější je ale záznam prováděný do jediné stopy sériovým způsobem. Tímto způsobem se informace zapisují na disky a diskety. Synchronizační značky se pak nemohou zapisovat do zvláštních stop, proto zbývá jediná možnost a to prokládat jimi zapisovaná data. Na médium zapisované reverzace představují směs datových a synchronizačních reverzací. Přidáváním synchronizačních reverzací však dochází k redundanci, k nadbytečnosti, při nezměněném datovém obsahu. Snahou konstruktérů je nalézt kódování, techniku záznamu, která v každém okamžiku zajišťuje synchronizaci záznamu a je přitom co nejméně redundantní. Kódy s těmito vlastnostmi se nazývají *samosynchronizovatelné* kódy. Patří sem kódování FM, modifikace tohoto kódování MFM a kódování $M^2FM$, které se už nepoužívá. Nejnovější a nejúspornější jsou RLL kódy. Nejsou sice samosynchronizující, ale počet bitových intervalů se zapsanými nulami (intervaly bez reverzací) je u nich shora i zdola omezen.

## 3.2 Média pro magnetický záznam

Záznamové médium pro magnetický záznam se skládá z podložky s aktivní vrstvou, na které je dále nanesen lak. Aktivní vrstva magnetického záznamového materiálu je nanesena na nemagnetické podložce. Aktivní vrstva se pokrývá ochrannou nebo mazací vrstvou. Podle mechanických vlastností podložky se rozlišují dva základní typy záznamových médií. A to média s podložkou pružnou a média

s podložkou pevnou.

Pružná záznamová média mají jako podložku polyesterovou fólii. Podložky pro magnetické pásky mají tloušťku 6 - 75$\mu$m a vysokou pevnost v tahu. Nejdůležitějším parametrem disketových podložek je koeficient změny rozměru v závislosti na teplotě. Tento koeficient má rozhodující vliv na dosažitelnou příčnou hustotu záznamu. Pružná záznamová média využívají zkušeností s hromadnou výrobou záznamových médií pro audiovizuální techniku. Vzhledem k hromadné výrobě je jejich cena velmi příznivá. Digitální magnetické pásky byly nejčastěji volné půlpalcové nebo kazetové čtvrtpalcové. Nejobvyklejší jsou diskety.

Pevné podložky záznamových médií jsou z nemagnetických kovových materiálů. Mají diskový tvar a razí se většinou z vyválcovaného pásu slitiny AlMg z vybraných a vystárnutých ingotů. Po vyražení se rovnají, stabilizují a obrábějí na požadované rozměry a hrubost povrchu. Požadavek na kvalitu povrchu souvisí se způsobem nanášení aktivní vrstvy. Pro tenkovrstvá média musí být kvalita povrchu vyšší.

V dnešní době se také používají desky ze skla. Jsou stabilnější a odolnější proti šokům a nárazům.

Podle způsobu nanášení aktivní vrstvy na podložku rozlišujeme druhy médií na:

- média s lakovou vrstvou (oxidová média)
- média s tenkou záznamovou vrstvou
- média AFC
- média HAMR

### 3.2.1 Média s lakovou vrstvou

Lakové záznamové vrstvy jsou tvořeny částicemi záznamového feromagnetického materiálu rozptýlenými ve vytvrzeném pojivu. Tvoří asi 20% objemu aktivní vrstvy pevných disků a až 40% objemu vrstvy médií pružných. Kromě nich jsou obsaženy v aktivní vrstvě i další přísady upravující tvrdost vrstvy a její odolnost proti otěru. Za tímto účelem se používá $Al_2O_3$. Dále je uhlíkem upravována elektrická vodivost, nutná k odvodu elektrostatického náboje. V některých případech se přidávají přísady, upravující mechanické vlastnosti styku média se záznamovou a čtecí hlavičkou, nebo přísady, upravující optické vlastnosti média. Jako pojivo se pro pružná média používá polyvinyl nebo polyuretan, pro pevné disky pak tvrzené polyesterové pryskyřice.

Aktivním záznamovým materiálem v lakových záznamových vrstvách jsou oxidy železa, ferity $Fe_2O_3$. Vyskytují se v pevných i pružných discích, na magnetických páskách pro analogový i digitální záznam. Na páskách pro digitální záznam vysoké hustoty, ale i u současných pásek pro analogový záznam videosignálu (8mm), se uplatňují lakové záznamové vrstvy s $CrO_2$ nebo i s čistě kovovými částicemi. Z laboratorních zkoušek do výroby postoupily záznamové vrstvy na bázi barnatých feritů $BaO_6$ ($Fe_2O_3$). Ty vytvářejí částice ve tvaru malých plochých šestiúhelníků a jsou vhodné pro výrobu velmi tenkých lakových záznamových vrstev nebo vrstev pro vertikální záznam.

Samotné částice záznamového materiálu mají rozměry 0,04 až 1$\mu$m. Při záznamu se zmagnetizovává vždy určitá oblast a v záznamové vrstvě vznikají domény, stejně orientované oblasti částic. Větší částice jsou tedy nevýhodné, protože nedovolují zvyšovat hustotu záznamu. Naopak částice s rozměrem pod 0,04$\mu$m za působení teploty zase samovolně mění směr magnetizace.

Tvar samotných částic má vliv i na výsledné magnetické vlastnosti. Výhodné je, jsou-li díky němu magneticky anizotropní (tzn. struktura materiálu je usměrněná). Jehličkové záznamové materiály mají pak osu snadné magnetizace ve směru většího rozměru. Anizotropie se kromě toho uměle

zvyšuje směrovou orientací částic. Dělá se to vnějším magnetickým polem během tvrzení záznamové vrstvy pevných disků a některých pásek. V jiných případech je naopak zapotřebí směrově izotropní záznamový materiál, např. u disket, magnetických pásek pro záznam pomocí rotujících hlav. Tehdy se anizotropie při výrobě uměle ruší.

Chemická stabilita a slučitelnost s použitým pojivem je další z důležitých vlastností částic záznamového materiálu. Také slučitelnost s dalšími přísadami záznamové vrstvy i s materiálem případné styčné plochy se záznamovou a čtecí hlavou.

Záznamové lakové vrstvy se nanášejí kontinuálním poléváním pohybujícího se pásu pružné podložky (šířka 300 - 600mm, rychlost pohybu 1 až 2m/s), nebo odstředivým litím na otáčející se pevné podložky disků. V současné době jsou už tyto technologie tak propracované, že se dosahuje tloušťek kolem 0,8$\mu$m. Po nanesení na podložku se lakové záznamové vrstvy vytvrzují. K vytvrzení polyuretanových pojiv stačí pokojová teplota, vrstvy pevných disků s pryskyřičnými pojivy se vytvrzují až při 200°C. Po vytvrzení se povrch dále mechanicky upravuje kalandrováním nebo broušením. Široký pás pružných médií se poté ještě řeže na požadovanou šířku nebo se z něj razí diskety.

Trvalý kontakt čtecí a záznamové hlavy s povrchem média mají magnetické pásky a diskety, disky technologie Winchester mají tento kontakt při rozběhu a doběhu média. V obou případech ale vyvolává tento fakt, zvláště při vysokých relativních rychlostech vzájemného pohybu, nadměrné mechanické namáhání a tím i značné opotřebení. V krajním případě může dojít i k poškození média nebo hlavy a tím k možné ztrátě zaznamenaných dat či dokonce k havárii zařízení. Proto se tato záznamová média opatřují mazacími prostředky, které jsou součástí laku záznamové vrstvy, nebo se na povrch v tenké vrstvě nanášejí. Nejčastěji se používá fluorouhlíkové sloučeniny, jejichž chemické a fyzikální vlastnosti jsou vyhovující. Mezi tyto vlastnosti patří chemická inertnost, malá těkavost, velká vodě odolnost, malé povrchové napětí a stálá viskozita v celém rozsahu pracovních teplot u tekutých maziv, resp. nízký bod tání u polotuhých a tuhých maziv. Nevýhodou tekutých maziv je vyšší náchylnost k přijímání vlhkosti a tím i větší schopnost vázat nečistoty ulpívajících na povrchu. Nedostatkem je i jejich ubývání vlivem odstředivých sil při rotaci média. Vrstva maziva je neobyčejně slabá. Má tloušťku 20 až 50A, tedy pouhé 2 až 3 molekulové vrstvy. Při této tloušťce nedochází ke zvýšení koeficientu statického tření „lepením“ klouzátka hlavy k povrchu média po delší době klidu, kdy se disk neotáčí a hlava je na něm usazena.

U lakových záznamových vrstev se objevují i nepříznivé vlastnosti. Je to především nižší amplituda čteného signálu a menší odstup signálu od šumu. Obě jsou způsobeny malou objemovou hustotou záznamového materiálu v aktivní vrstvě. Horší je i záznam a čtení vysokofrekvenčních signálů, protože záznamová vrstva je relativně silná. Navíc s vyššími požadavky na hustotu záznamu disku, musí být také tenčí a lépe formovaná magnetická citlivá vrstva. U vysokokapacitních disků byly vyčerpány veškeré možnosti, které dává použití oxidu. Navíc, protože oxidové médium je poměrně velmi měkké, disky, mající toto médium, jsou málo odolné vůči haváriím hlav. Tyto nedostatky byly významným motivem pro zavedení technologicky obtížnějších tenkých záznamových vrstev.

### 3.2.2 Média s tenkou vrstvou

Tenká vrstva (nebo také tenký film) je médium, které je tenčí, tvrdší a lépe formované než médium s lakovanou vrstvou. Tenký film byl vyvinut jako médium pro vysokokapacitní disky, které umožňovalo nové generaci pevných disků mít menší provozní vzdálenost mezi hlavou a povrchem. Důsledkem tohoto snížení provozní výšky bylo i zvýšení hustoty záznamu disku. Původně se tento typ média používal pouze u vysokokapacitních a kvalitnějších disků, ale v současné době jej používají již téměř všichni výrobci pro veškeré typy disků.

Pro tenké záznamové vrstvy lze použít jakýkoliv feromagnetický materiál s požadovanými magne-

tickými vlastnostmi, který lze nanášet do uniformních vrstev o tloušťkách 0,1$\mu$m a menších. Nejčastěji jsou použity čisté kovy nebo jejich slitiny. Jde o slitiny kobaltu s niklem, ale i chrómem, platinou a wolframem. Používají se však i další nekovové přísady, např. fosfor.

Podle způsobu aplikace aktivní vrstvy na disk se tenký film dále dělí na dva druhy - plátovaný (*plated*) a stříkaný (*sputtered*) tenký film.

**Plátovaná tenká vrstva**

Plátovaná tenká vrstva se na povrch plotny nanáší elektroplátovacím mechanizmem, při kterém hliníková či skleněná plotna prochází řadou chemických lázní, pokrývající povrch disku několika vrstvami kovového filmu. Médium je obvykle vyrobeno z kobaltové slitiny a jeho tloušťka je okolo 0,08$\mu$m.

**Stříkaný tenký film**

Stříkaný tenký film se vyrábí tak, že vlastní povrch hliníkové či skleněné plotny je pokryt vrstvou sloučeniny niklu a fosforu a poté je na takto vzniklý připravený povrch ve vakuové komoře nastříkána vrstva slitiny kobaltu. Takto vyrobené magnetické vrstvy mají tloušťku 0,03 až 0,05$\mu$m. Následně je obdobným způsobem na povrch nastříkána ochranná vrstva z velmi pevné uhlíkové sloučeniny. Její tloušťka je asi 0,03$\mu$m. Potřeba zajištění téměř dokonalého vakua dále zvyšuje cenu tohoto způsobu výroby.

Z důvodu velmi hladkého povrchu stříkaných ploten, může být snížena i výška vznášení hlav nad povrchem. Je možné dosáhnout výšky vznášení jen 0,01$\mu$m. Čím je hlava blíž k magnetickému povrchu, tím vyšší může být hustota změn magnetického toku, kterou je schopno médium zaznamenat. Výsledkem je opět nárůst kapacity média. Navíc zvýšená intenzita magnetického pole, vede k vyšším amplitudám čteného signálu a tedy k lepšímu odstupu signálu od šumu.

### 3.2.3 Média AFC

V dnešní době se u disků začíná rozmáhat technologie označovaná AFC (*Antiferomagnetically Coupled media*). Zde jsou celkem tři vrstvy, dvě magnetické a mezi nimi tenká vrstva ruthenia, která způsobí vzájemné ovlivnění magnetických vrstev v opačném směru magnetizace. Vrstva ruthenia je pouhých 6 angstromů silná. Vývojáři IBM nazvali tuto vrstvičku trpasličím prachem (*pixie dust*). Zdánlivá magnetická tloušťka celé této struktury pak odpovídá zhruba vzdálenosti mezi horní a spodní magnetickou vrstvou. Díky tomu je možné k výrobě disku použít relativně tlustší magnetické vrstvy s vyšší stabilitou a tím i zvýšit hustotu záznamu.

První disky s médiem AFC byly určeny především pro přenosné počítače a na trhu se objevily v roce 2001. Předpokládá se, že použití AFC média umožní zvýšení plošné hustoty záznamu až na 100Gb/in$^2$.

### 3.2.4 Média HAMR

V roce 2002 firma Seagate představila zcela novou technologii zápisu na pevný disk. Technologie HAMR (*Heat Assisted Magnetic Recording*) je dalo by se říci revolucí v oblasti ukládání dat a dovoluje zaznamenat až stokrát větší objem dat na palec než tomu u technologie AFC. Základem je klasický magnetický záznam, ale hlavním faktorem pro tak velké zvýšení kapacity je tepelná asistence laseru. Technologie HAMR funguje tak, že zahřeje médium laserovým paprskem přesně do bodu, kam jsou data zapisována. Při vyšších teplotách se na médium snadněji zapisuje a rychlé následující chlazení

stabilizuje zapsaná data. Výsledkem tohoto záznamu s tepelnou asistencí je dosažení výrazného zvýšení hustoty zápisu.

Technologie HAMR, zkombinovaná s uspořádanými magnetickými poli železo-platinových částic, by měla prolomit takzvaný superparamagnetický limit magnetického záznamu více než stonásobně, čímž dosáhne hustoty zápisu až 50Tb/in$^2$.

## 3.3 Pevný disk

Pevný disk je uzavřená jednotka v počítači, používaná pro trvalé ukládání dat (tzv. data zůstanou na disku zachována i po vypnutí napájení počítače). Pouzdro chrání disk před nečistotami a poškozením. Pevný disk obsahuje pevné plotny diskového tvaru, které jsou většinou vyrobeny ze slitiny hliníku nebo skla. Plotny na rozdíl od disket nelze ohýbat, proto termín pevný disk. Ve většině případů platí, že plotny nelze vyjmout. Z těchto důvodů se někdy používá termín pevná disková mechanika (*fixed disk drive*) nebo *hard disk drive* HDD.

### 3.3.1 Části pevného disku

Většina disků se skládá z podobných součásti. Jsou jimi

- plotny disku
- hlavy pro čtení a zápis
- pohon hlav
- vzduchové filtry
- pohon ploten disku
- řídící deska (deska s elektronikou)
- kabely a konektory

#### Plotny pevného disku

Pevný disk má jednu nebo více ploten (disků). Během vývoje počítačů se používalo několik velikostí pevných disků. Standardně se velikosti pevného disku vyjadřuje pomocí velikosti ploten disku, dané v palcích. Nejčastěji se používají pevné disky o velikostech:

- 3 1/2” (přesně 95mm)
- 2 1/2” (přesně 65mm)
- 1,8” (přesně 48mm)
- 1” (přesně 34mm)

V současné době se nejčastěji používají disky o velikosti 3 1/2 palce, 2 1/2 palcové a menší disky se využívají hlavně u notebooků. Plotny byly vyráběny ze slitiny hliníku a hořčíku, z důvodu pevnosti a nízké hmotnosti. Se vzrůstajícími nároky na hustotu záznamu dat a na zmenšení pevného disku se nyní v mnoha pevných discích používají plotny ze skla (přesněji ze sklokeramického kompozitního materiálu). Díky keramickým částečkám je výsledný materiál méně lámavý než čisté sklo. Navíc plotny ze skla jsou tužší a méně ohebné než plotny z hliníku. Proto mohou být vyráběny s poloviční tloušťkou. Skleněné desky mají také podstatně menší tepelnou roztažnost, což znamená, že při změnách teploty se jejich rozměry příliš nemění.

### Záznamová média

Každá plotna bez ohledu na materiál, z kterého je plotna vyrobena, má na sobě tenkou vrstvu magnetické látky. Označuje se jako médium nebo aktivní vrstva disku. Jsou na ni uchovávány magnetické informace. Aktivní vrstva je dnes téměř výhradně tenkovrstvá, nanášená elektrolyticky nebo vakuovým napařováním. Více informací viz. média pro mag. záznam.

### Hlavy pro čtení a záznam

Na každou plotnu pevného disku ve většině případů přísluší jedna hlava pro čtení a jedna pro záznam na každou stranu plotny. Všechny hlavy jsou umístěny na jednom společném rameni a pohybují se tedy zároveň. Každá hlava je zavěšena na rameni závěsu. Toto rameno je odpruženo tím způsobem, že v klidovém stavu je hlava díky síle pružiny přitisknuta k povrchu média. Jakmile se disk začne otáčet plnou rychlostí, vznikne pod hlavami přetlak vzduchu, který je zvedne nad povrch disku. Vzdálenost mezi hlavou a diskem je v rozmezí 10 až 80nm.

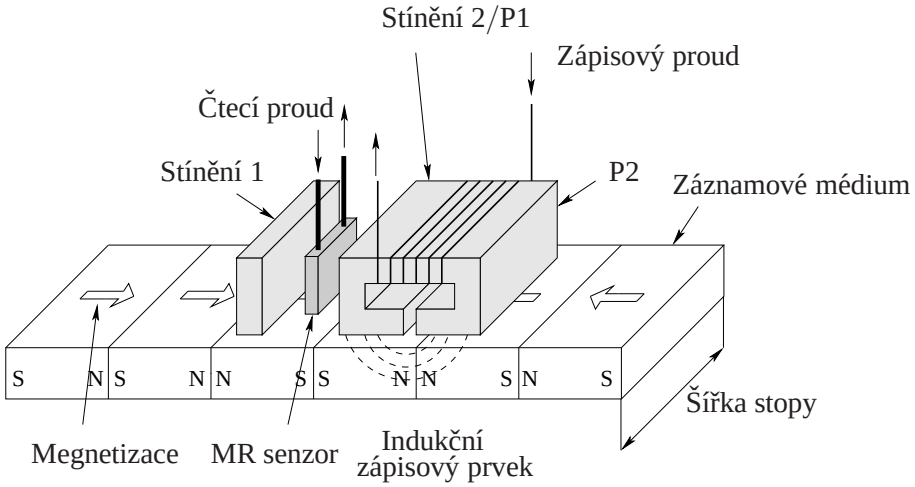
V dnešní době jsou všechny disky vybaveny hlavami, které startují z povrchu disku, tyto disky se někdy označují jako *Winchestry*.

Technologie, kterou je hlava vyrobena má velký podíl na dosažené hustotě záznamu.

### Technologie výroby hlav pevných disků

- **Magnetodynamické** - tento typ hlav se dnes již nepoužívá.
- **Thin Film Inductive - TF** - plošný spoj s miniaturním vinutím (indukční hlava). TF hlava se také označuje jako jednoštěrbinová hlava, protože se pro zápis i pro čtení používá jedna štěrbina.
- **Magnetorezistivní - MR** - základní konstrukce MR hlavy se skládá z odděleného čtecího a zápisového prvku, které jsou vytvořeny přes sebe a sdílejí společné vrstvy materiálu. Zápisový prvek je tenkovrstvá indukční hlava TF. Optimalizovaný návrh je výrobně snadnější, než kombinovaná hlava pro čtení a zápis, protože potřebuje méně měděných vinutí, vrstev materiálu a kontrol tolerance. Tím se může dosáhnout vyšší výtěžnosti výroby, projevující se v nižší výrobní i uživatelské ceně. Čtecí prvek se skládá z vrstvičky slitiny - obvykle nikl-železo, která vykazuje změnu odporu v magnetickém poli - magnetorezistivní efekt. Stínící vrstva chrání MR-prvek od jiných magnetických polí. Druhé stínění funguje zároveň jako jeden pól indukční zápisové hlavy, proto používáme pojem „sloučená MR hlava“. (obr.3.2)

  Na obrázku magnetického záznamového procesu vidíme sloučenou MR hlavu pohybující se nad rotujícím diskem. Indukční prvek zapíše bity informace jako zmagnetizované oblasti ve stopách, které jsou později čteny MR-senzorem. Přítomnost magnetického přechodu (reverzace) mezi bity způsobí rotaci magnetizace v MR-senzoru, která se dá přímo detekovat jako změna odporu pomocí přesného zesilovače, který potom generuje silnější signál, předávaný pak dále elektronice jednotky.
- **Giant Magnetoresistive - GMR** - novější typ MR hlav. Čtecí element (GMR senzor) se skládá ze dvou magnetických vrstev obklopujících jako sendvič vodivou vrstvu o tloušťce jen několika atomů. Jedna magnetická vrstva je ze slitin NiFe, druhá kobaltová, jejich oddělení zajišťuje vodivá vrstvička mědi.Současně musí platit, že kobaltová vrstva musí mít pevnou magnetickou orientaci, zatímco částice v druhé vrstvě se mohou otáčet libovolně. Podle změn magnetického




Obrázek 3.2: Sloučená MR hlava

pole vyvolaného průchodem média dochází ke změnám vodivosti. Bylo zjištěno, že je-li oddělovací vrstva dostatečně tenká, mají částice ve volné vrstvě tendenci natočit se podle orientace částic ve vrstvě pevné (kobaltové). Odpor takové hlavy je pak velmi nízký. Pokud se ale částice ve volné vrstvě otočí opačným směrem, při průchodu nad povrchem disku, odpor hlavy se velmi výrazně zvýší.

GMR je jev podobný MR, ale přívlastek „obří“ nemá náhodou. Zatímco MR je „skromný“, neboť změna signálu mezi uloženou “1” a “0” činí 1 - 3%, GMR vykazuje odchylku až 15%, což je postačující pro ukládání dat. Zmiňovaný jev GMR bude ještě nějakou dobu plně postačovat pro ukládání dat v dostatečné hustotě, nicméně už nyní se v praxi experimentuje s potenciálně ještě lépe využitelným a zajímavějším tunelovým jevem (MTJ - Magnetic Tunnel Junctions, resp. TMR - Tunneling Magnetoresistance).

- **Magnetic Tunnel Junctions - MTJ** - tunelový jev byl objeven počátkem devadesátých let. Od GMR se liší jen poměrně málo. V popisu GMR stačí zaměnit jen tenkou vodivou vrstvu za dielektrikum. Podle „obecných zákonů“ by tedy přes tuto vrstvu neměl procházet žádný proud, ale díky kvantové fyzice se elektrony mohou „protunelovat“ skrz tuto bariéru, je-li dostatečně tenká, a vytvořit tak proud, zvaný podle jevu tunelový. Tento proud reaguje na změny magnetického pole ještě mnohem citlivěji než proud u GMR - odchylky mohou činit až 50% oproti 15% u GMR.

### Pohony hlav

Mechanismus pohonu hlav pohybuje hlavami napříč diskem a nastavuje je do správné polohy nad požadovaným cylindrem. Používají se dva základní typy pohonů.

- **Pohon krokovacím motorkem** - používá se u starších disků. Krokovací motor přijímá elektrické impulsy. Při příchodu impulsu se krokový motor pootočí jen o zlomek celé otáčky, o přírůstek zvaný krok. Na jednu otáčku mohou připadat stovky kroků, což umožňuje jemné nastavení při posunu diskových hlav o pouhých několik tisícin palce na jeden cylindr. Princip spočívá v tenkém pružném kovovém pásku, který je namotán na hřídeli motoru. Když se motor otáčí,

pásek se namotává nebo odmotává. Pásek je připevněn k hlavám, s kterými pohybuje. Jeden impuls z řadiče vede k otočení motoru o jeden krok, což vede k posunutí hlav o jeden cylindr. Tento systém má nevýhodu v kovových páscích, které se mohou natáhnout a vystavení už není přesné. Navíc je krokový motorek mechanický a jeho části se opotřebovávají.

- **Elektromagnetický pohon** - elektromagnetický pohon pracuje pouze s využitím elektromagnetických sil. V pevném disku je cívka spojena s koncem závěsu hlav a je umístěna poblíž pevného magnetu. Mezi magnetem a cívkou není žádný kontakt. Při průchodu proudu cívkou je pak cívka k magnetu přitahována nebo naopak od magnetu odpuzována. Výsledkem je pohyb závěsu hlav. Elektromagnetický pohon nemá žádné zarážky. Aby bylo možné přesné nastavení hlav nad stopu, jsou pro zastavování hlav nad jednotlivými stopami využívány informace ze speciálního naváděcího sytému, zvaného servo. Servo mechanismus je schopen pohonu hlav předat informaci o jejich poloze vzhledem k cylindrům a je schopen hlavy umístit přesně nad požadovaný cylindr. Všechny servomechanismy využívají pro navádění závěsu hlav informace uložené na disku během jeho výroby. Informace má podobu speciálního kódu, tzv. šedý kód (grey code). Má podobu binární informace, ve které se dvě následující čísla odlišují pouze jedním bitem. Hlavním rozdílem mezi servomechanismy je pak to, kde a jak je na pevném disku tento kód zapsán. Používáme tři druhy servomechanismů:

  - **Výsečové servo** - používalo se u starších disků. Naváděcí informace je uložena ve výseči disku, která předchází indexové značce. Indexová značka informace označující začátek stopy. Nevýhodou je výskyt servoinformace pouze jednou za otáčku disku.
  - **Rozšířené výsečové servo** - používá většina dnešních disků. Servoinformace je získávána několikrát za otočku disku, jsou totiž ukládány před začátek každého sektoru. Díky tomu je polohování hlav rychlejší a přesnější.
  - **Vyhrazené servo** - servoinformace jsou uloženy průběžně podél celé stopy z jedné strany disku. Druhá strana je určena pro uživatelská data. Žádná další strana na disku jakékoliv plotny už neobsahuje servoinformace, výsledkem je tedy zhruba stejná ztráta kapacity jako u rozšířeného výsečového serva.

Typ použitého pohonu hlav má vliv na výkon disku a jeho spolehlivost. Nejedná se pouze o vliv na rychlost, ale i vliv na přesnost, odolnost vůči změnám teplot, vibrační odolnost a celkovou spolehlivost. Hlavy s krokovacím motorem se dnes používají pouze v disketových mechanikách, neboť hustota stop u diskety je mnohonásobně menší než hustota stop u pevného disku. Navíc je řídící systém vystavování hlav pomocí elektromagnetických pohonů samoopravný (hlava stále sleduje údaje na disku, aby přesně zjistila, kde má zastavit), u krokovacích motorů ne.

### Pohon disku

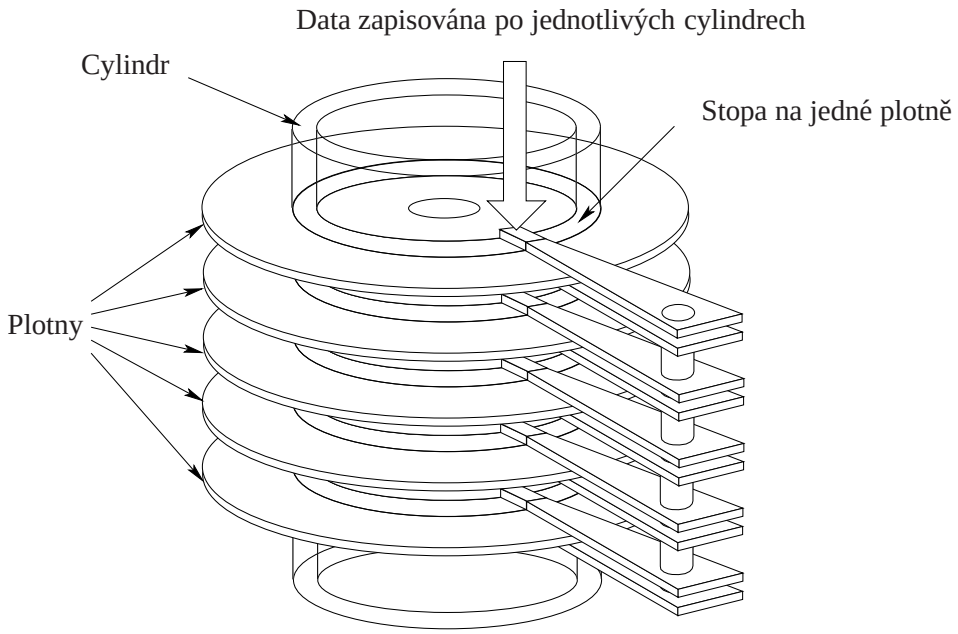
Pohon disku je tvořen motorem, který je připojen k hřídeli, otáčející plotnami disku. Na motory je kladen velký důraz, aby byly tiché a bez vibrací. Zvuky nebo vibrace se mohou přenášet do ploten disku a mohou narušit čtení dat nebo jejich zápis. Motory mají velmi přesné řízení rychlosti. Plotny se otáčejí rychlostí od 5400 do 15000ot/min. Pohony disků obvykle používají klasická kuličková ložiska. Lepším řešením jsou tzv. kapalinová ložiska, u kterých je dosaženo utlumení všech vibrací. U kapalinového ložiska se mezi hřídelí a jeho pouzdrem nachází vysoce viskozní mazací tekutina. Příčný pohyb takového ložiska je 10krát menší, než u ložisek kuličkových.

### Řídicí desky

Pevný disk má obvykle jednu řídicí desku, která je přímo namontována na disku. Obsahuje elektroniku, řídicí polohování hlav, pohon disku, pohon hlav a předávající data do řadiče disku v předem definované podobě. U IDE disků je na řídicí desce integrován i řadič, zatímco u SCSI disků je na desce řadič a adaptér sběrnice SCSI.

## 3.3.2 Geometrie disku

Pod pojmem geometrie disku se skrývá uspořádání prostoru na disku, konkrétně počet hlav, cylindrů a stop. Data jsou na disk ukládána v bajtech. Bajty jsou uspořádány do skupin po 512, nebo-li sektorů. Sektor je nejmenší jednotka dat, kterou lze na disk zapsat nebo z disku přečíst. Sektory jsou seskupeny do stop. Stopy jsou uspořádány do skupin zvaných cylindry nebo válce. Předpokladem je, že disk má nejméně dva povrchy. Systém adresuje sektory na pevném disku pomocí prostorové matice cylindrů, hlav a sektorů.




Obrázek 3.3: Cylindry

### Stopy

Každá strana každé plotny je rozdělena na soustředné stopy (kružnice). Jejich počet na pevném disku neustále narůstá (více než 16 000 stop). Protože povrchů i hlav je několik, je při jedné poloze hlav přístupná na každém povrchu jedna stopa, stačí elektronicky přepínat hlavy.

### Cylindry

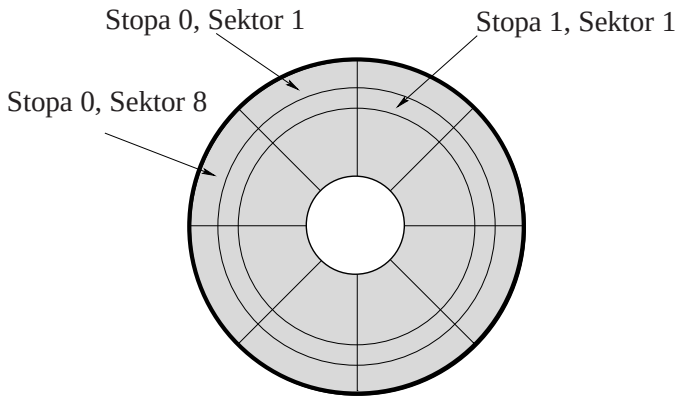
Pevné disky mají většinou více ploten (disků), umístěných nad sebou, otáčejících se stejnou rychlostí. Každá plotna má dvě strany (povrchy), na které je možno ukládat data. Diskové hlavy, vzhledem

k tomu, že jsou pohybovány společným mechanismem, nemohou být vystavovány nezávisle. Souhrn stop v jedné poloze hlav se nazývá cylindr (válec). (obr.3.3)

Počet stop na jednom povrchu je samozřejmě totožný s počtem cylindrů. Z tohoto důvodu většina výrobců neuvádí počet stop, ale počet cylindrů.

#### Sektory

Z hlediska efektivní správy má jedna stopa příliš velkou jednotku pro ukládání dat. Lze do ní uložit až 100kB či více bytů dat. Z tohoto důvodu se stopa rozděluje na několik očíslovaných částí, které nazýváme sektory. Můžeme si sektory představit jako výseče na plotně (obr.3.4). U pevných disků může být počet sektorů 900 i více. Sektor je nejmenší adresovatelná jednotka na disku. Její velikost určí řadič při formátování disku. Sektory vytvořené standardním formátováním mají velikost 512B. Sektory, na rozdíl od hlav nebo cylindrů, číslujeme od jedničky.




Obrázek 3.4: Stopy a sektory

Na začátku sektoru v úvodní části je hlavička, identifikující začátek sektoru a obsahující jeho číslo. Konec sektoru je tvořen tzv. zakončením sektoru, využívané pro ukládání kontrolního součtu. Kontrolní součet sloužící ke kontrole integrity uložených dat. Při formátování se vytváří před a za každým sektorem speciální identifikační oblast, kterou používá řadič pro číslování sektorů a pro určení začátku a konce každého sektoru. Jednotlivé sektory se oddělují mezisektorovými mezerami, do kterých není možné uložit data.

Proces čtení sektoru se skládá ze dvou kroků. Nejprve se čtecí a zápisová hlava musí přemístit nad požadovanou stopu. Potom se čeká, až se disk natočí tak, že požadovaný sektor je pod hlavou, a pak probíhá čtení. Přemístění hlavy obvykle zabere nejvíce času. Nejrychleji se tedy čtou soubory, jejichž sektory jsou všechny na stejné stopě a stopy jsou umístěny nad sebou, tedy v jednom cylindru.

### 3.3.3 Charakteristiky pevných disků

#### Rychlost diskové jednotky

Rychlost diskové jednotky se měří podle toho, jak rychle vyhledá určitá data a jak rychle tato data přečte z disku. Prvním parametrem je tedy průměrná doba přístupu, která je součtem průměrné doby vystavení a latence (rotační doby čekání), druhá je rychlost přenosu dat.

- **Průměrná doba vystavení** - průměrná doba vystavení se udává v milisekundách. Jde o průměrnou dobu, kterou disk potřebuje k přesunu hlav z jednoho cylindru na druhý, náhodně vybraný, cylindr.
- **Latence** - latence je průměrná doba v milisekundách, která je nutná k tomu, aby se hlavy dostaly nad požadovaný sektor poté, kdy se nastavily nad správnou stopu. Obvykle je tato doba rovná polovině času, potřebné k jedné otáčce disku (např. 8,33ms při otáčkách 3600ot/min.) Pevný disk, otáčející se dvojnásobnou rychlostí, bude mít poloviční latenci.
- **Průměrná doba přístupu** - průměrná doba přístupu udává průměrnou dobu, kterou disk potřebuje k tomu, aby se hlava dostala nad požadovaný sektor a disk tak mohl začít načítat data, která jsou v něm uložená.

$$Průměrná\ doba\ přístupu = Průměrná\ doba\ vystavení + Latence$$

- **Přenosová rychlost** - přenosová rychlost je rychlost, s jakou je pevný disk s řadičem schopen předávat data do systému. Primárně závisí tento ukazatel na sestavě hlav disků a sekundárně na řadiči.

  Pro výpočet skutečné přenosové rychlosti je nutné znát dva základní ukazatele:

  - Skutečnou přenosovou rychlost
  - Průměrný počet sektorů na stopu

  Maximální přenosovou rychlost (MB/s) pak dostaneme jako:

$$počet\ sektorů\ ve\ stopě * 512B * otáčky\ za\ minutu\ /\ 60\ sekund/1MB$$

### Prokládání

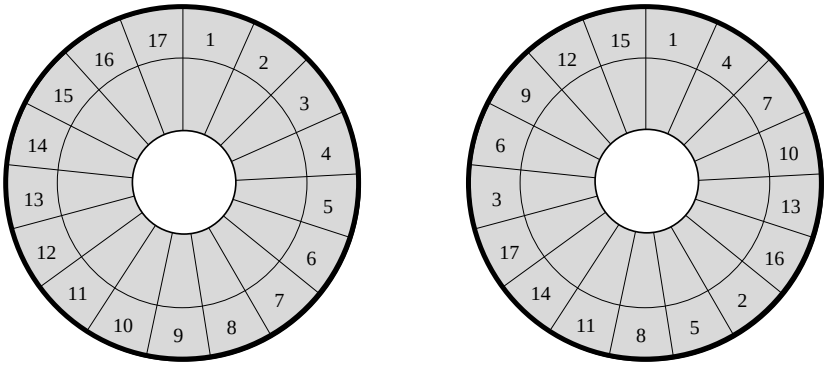
Kvůli vysoké rychlosti pevných disků (vysokým otáčkám), se postupem času změnilo číslování jednotlivých sektorů. Data se totiž z pevného disku nestíhala číst. a proto se mezi sektory vložily „mezery“. Tato technika se nazývá prokládání sektorů (obr.3.5). Hodnota prokládání udávala, jak jsou sektory na disku rozmístěny. Například prokládání 1:2 znamená, že se přečte jeden sektor a jako další se čte až druhý v pořadí za předchozím přečteným sektorem, atd. U prokládání 1:1 jdou sektory na stopě postupně za sebou. Dnešní moderní pevné disky s integrovanými řadiči jsou schopny přenášet data bez pomoci prokládání sektorů (tedy prokládání 1:1), bez jakéhokoliv snížení přenosové rychlosti. Stejně tak fungují i diskety.

### Velikost disku

Velikost disku charakterizují tři údaje:

- **Neformátovaná kapacita** - neformátovaná kapacita je daná hustotou záznamu na použitém médiu. Není zde zohledňován fakt, že při nízkoúrovňovém formátování vznikají mezi sektory desítky bajtů velké mezery, že část kapacity odčerpává struktura disku, že se na povrchu vyskytne občas vadné místo apod. Vychází mnohem větší než použitelná kapacita.

Prokládání 1:1 Prokládání 1:2



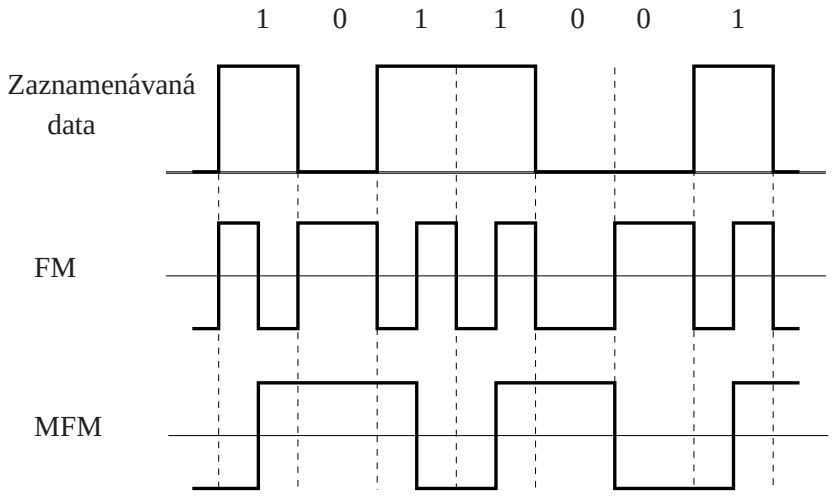

Obrázek 3.5: Prokládání

- **Katalogová kapacita** - kapacita vychází z teoretického počtu sektorů na disku, od kterého se odečítá přiměřená část pro diskové struktury a statisticky zjištěné procento vadných souborů.
- **Skutečná kapacita** - je o něco větší než katalogová kapacita.

**Kódování**

Při ukládání dat na pevný disk vytvářejí hlavy magnetické pole, které magnetizuje povrch disku. Nejjednodušším přístupem by bylo kódovat logickou 1 jako puls a logickou 0 jako stav bez pulsu. Tato metoda má však jednu vadu. Pokud by po sobě následovalo několik po sobě jdoucích stejných bitových hodnot, například 01000001, stojí řadič pevného disku před problémem, jak při čtení jednotlivé bity od sebe rozeznat. Z tohoto důvodu se používají kódovací schémata, která zajistí, že na vstupu řadiče nebude příliš dlouho stav bez pulsu.

- **Kódování FM** - FM kódování (frekvenční modulace) se již nepoužívá. Je samosynchronizovatelné. Synchronizaci zajišťují časovací bity na začátku každého bitového intervalu. Tato metoda kóduje logickou 1 jako dva pulsy a logickou 0 jako puls, za kterým nenásleduje puls (obr.3.6). Efektivita kódu se posuzuje podle počtu pulsů. Jestliže je méně pulsů, tím je efektivnější. Mezi nevýhody patří vysoká redundance. Pro záznam jednoho bitu potřebujeme průměrně 1,5 reverzací.
- **Kódování MFM** - modifikací FM vzniklo kódování MFM (modifikovaná frekvenční modulace). Vychází z FM kódování, ale některé reverzace jsou ještě vypuštěny (obr.3.6). Jsou to všechny synchronizační, které nejsou mezi dvěma nulami. Použití kódu MFM může vypadat následovně:
  - 1 je vždy místo bez pulsu následované pulsem
  - 0, předchází-li ji další 0, je puls a pak místo bez pulsu
  - 0, předchází-li ji 1, jsou dvě místa bez pulsů
- **Kódování M$^2$FM** - další modifikace kódování FM se už nepoužívá. Vypouští se při ní navíc i synchronizační reverzace u poslední z řady nul, která předchází před první jedničkou. Snížení počtu nadbytečných reverzací nevyvážilo složitost řadiče.




Obrázek 3.6: Kódování

- **Kódování RLL** - nejúspornější jsou tzv. RLL kódy (*Run-lenght limited-codes*). Nejsou samosynchronizující, ale počet bitových intervalů se zapsanými nulami (intervaly bez reverzací) je u nich shora i zdola omezen. To plyne už z jejich názvu. Tato vlastnost se navíc v označení kódu někdy explicitně vyznačuje. V závorce za zkratkou RLL se obvykle uvádí dvojice čísel. Například u kódu RLL(2,7) leží mezi dvěma jedničkami minimálně dvě a maximálně sedm nul. Tento kód výrazně zvyšuje celkovou kapacitu disku a současně zkracuje dobu pro čtení a zaznamenávání.

| Vzor | Kódování RLL | Počet pulsů | Kódování MFM | Počet pulsů |
|---|---|---|---|---|
| 00 | PNNN | 1 | PNPN | 2 |
| 01 | NPNN | 1 | PNNP | 2 |
| 100 | NNPNNN | 1 | NPNNPN | 2 |
| 101 | PNNPNN | 2 | NPNNNP | 2 |
| 111 | NNNPNN | 1 | NPNPNP | 3 |

Tabulka 3.1: Kódování RLL v porovnání s MFM

Při porovnání kódování MFM a RLL(2,7) (tab.3.1), potřebuje kód RLL přibližně třetinu kapacity. Navíc RLL připouští vyšší počet sektorů na stopu. Toto kódování bylo používáno u starších pevných disků. Moderní pevné disky používají většinou nějakou modifikaci 2,7 RLL kódování, označovanou např. ARLL, ERLL, EPRML apod., která poskytuje ještě větší úsporu.

### 3.3.4 Rozhraní

Aby pevný disk mohl komunikovat s řadičem - host adapter (deska elektronických obvodů, která tvoří mezičlen mezi diskovou jednotkou a základní deskou), musí se dohodnout na „jazyku“, kterým budou mezi sebou hovořit. Tento „jazyk“ se nazývá rozhraní (interface).

- **ST506** - první rozhraní, které vyvinula firma Shugart Technologies bylo ST 506/412, častěji nazývané ST506. Propojení (mezi diskem a řadičem) tohoto rozhraní bylo zajišťováno 20-ti

vodičovým kabelem pro data a 34vodičovým kabelem pro řídící signály. Toto rozhraní bylo velice pomalé, hloupé (znalo jen základní povely) a citlivé na šum.

- **ESDI** - začátkem 80.let vzniklo rozhraní, které odstraňovalo některé nedostatky ST506. Nový standard byl nazván ESDI (Enhanced Small Device Interface - rozšířené rozhraní malých zařízení). Toto rozhraní bylo daleko rychlejší než ST506. Disková jednotka ESDI mohla svému řadiči posílat informace o své geometrii tj. počet hlav, cylindrů a sektorů a nemusela se dále složitě konfigurovat, jak tomu bylo v případě ST506. Rozhraní ESDI se však nestalo příliš populární a bylo pomalu vytlačeno rozhraními SCSI a IDE.

- **SCSI** - zhruba ve stejné době, kdy bylo vyvíjeno rozhraní ESDI, si výrobci počítačů uvědomili, že je třeba vymyslet něco, co se podobá rozhraní pevných disků, ale co umí obsloužit nejen pevné disky, ale i zařízení jako jednotky CD ROM, scannery, kazetopáskové jednotky, tiskárny. Tak vzniklo rozhraní SCSI (Small Computer Systems Interface - rozhraní malých počítačových systémů). Jeho největší předností je, že umožňuje připojit až sedm zařízení na jeden kanál. Rozhraní SCSI je výkonnější a spolehlivější než ostatní známá rozhraní a v současné době existuje v mnoha variantách (SCSI, SCSI2, SCSI3, FAST WIDE, ULTRA WIDE,...) (tab.3.2). Vzhledem k vysokým cenám SCSI disků, řadičů a dalších periferií a také kvůli poněkud složitější konfiguraci se setkáme s tímto rozhraním u výkonných počítačů (serverů), kde je výkon a spolehlivost SCSI rozhraní téměř nutností.

| Rozhraní | Rychlost (MHz) | Přenosová rychlost (MB/s) | Max. počet zařízení |
|---|---|---|---|
| SCSI-1 | 5 | 4 | 8 |
| SCSI-2 | 5 | 10 | 8 |
| Fast Wide SCSI | 10 | 20 | 16 |
| Ultra SCSI | 20 | 20 | 8 |
| Wide Ultra SCSI | 20 | 40 | 16 |
| Ultra2 SCSI | 40 | 40 | 8 |
| Wide Ultra2 SCSI | 40 | 80 | 16 |
| Ultra3 SCSI | 403 | 80 | 8 |
| Wide Ultra3 SCSI | 403 | 160 | 16 |
| Ultra4 SCSI | 803 | 320 | 16 |
| Ultra5 SCSI | 1603 | 640 | 16 |

Tabulka 3.2: Varianty rozhraní SCSI

- **IDE** - v roce 1986 firmu Compaq napadlo, že čím je kabel propojující pevný disk s řadičem delší, tím nižší je maximální rychlost přenosu dat a vyšší hladina šumu. Jejich technici šli k firmě Western Digital (v podstatě se jednalo o zakázku firmy Compaq) a společně usoudili, že s kratším kabelem mohou z levnějších diskových jednotek dostat vyšší výkon. Tak vzniklo nové rozhraní mezi diskovou jednotkou a řadičem (host adaptérem) nazvané IDE - Integrated Drive Electronics. Pevný disk IDE je připojen 40-ti vodičovým kabelem k desce adaptéru IDE, která bývala zastrčena do slotu sběrnice. Toto rozhraní se velmi brzy stalo standardem kvůli své dostupnosti (bylo levné), jednoduchosti a dostačujícímu výkonu.

  Rozhraní IDE se v té podobě, v jaké se dnes využívá označuje správně ATA angl. *AT Attachment*

a je standardizováno organizací ANSI. Písmena AT ve zkratce ATA jsou odvozena od původního IBM AT, u kterého byla poprvé použita 16bitová sběrnice ISA. To znamená, že zkratka ATA obecně označuje jakýkoliv pevný disk, který se připojuje přímo k nějaké verzi sběrnice počítače AT neboli k 16bitové sběrnici ISA. Není úplně pravda, že dnešní disky pracují na sběrnici PCI. protože v takovémto případě je rozhraní ATA připojeno k obvodu „Soouth Bridge“ čipové sady základní desky, přitom pracuje stále se signály sběrnice ISA, ovšem už na mnohem vyšších přenosových rychlostech.

Standardy ATA:

- ATA (1986 - 1994)
- ATA-2 (1996; nebo také název Fast-ATA, Fast-ATA-2 či EIDE)
- ATA-3 (1997)
- ATA-4 (1998; nebo také název Ultra-ATA/33)
- ATA-5 (1999; nebo také název Ultra-ATA/66)
- ATA-6 (2000; nebo také název Ultra-ATA/100)
- ATA-7 (2002; nebo také název Ultra-ATA/133) Všechny varianty ATA jsou zpětně kompatibilní.

- **EIDE** - postupem času začalo být rozhraní IDE nedostačující. Pevným diskům rostla stále více kapacita a rozhraní IDE umožňovalo připojení disků s maximální kapacitou 528 MB. Další nevýhodou byl počet současně připojitelných zařízení k tomuto rozhraní. K rozhraní IDE bylo možno připojit pouze dvě disková zařízení. Uživatelé počítačů sice mohli použít rozhraní SCSI, ale to bylo příliš drahé.

  Tyto nedostatky vyřešilo rozhraní nazvané EIDE - *Enhanced IDE* (rozšířené IDE). Rozhraní EIDE definuje dva samostatné kanály IDE. Na každý kanál představující jeden plochý kabel, lze připojit dvě jednotky. A to buď pevný disk nebo i CD-ROM mechaniku. Podle počtu zapojených jednotek rozlišujeme tři možnosti identifikace každé z nich. Pokud je na jednom kanálu připojena pouze jedna jednotka, je takováto jednotka nastavena pomocí propojek (*switch, jumper*) jako *Drive Only*. V případě připojení dvou jednotek na jednom kanálu je první z nich nastavena jako *Master* a druhá jako *Slave*. Vzhledem k tomu, že předchůdcem tohoto rozhraní bylo rozhraní IDE, lze k tomuto rozhraní připojit i kterýkoli starší disk IDE.

- **Serial ATA** Poslední rozhraní uvedené na trh, je rozhraní pojmenované Serial-ATA. Jde o nový přístup k přenosu dat. Data jsou přenášena nikoliv paralelně, ale sériově. Proto se tlustý datový kabel dá nahradit v podstatě „dvěma dráty“. Významně to také umožní prodloužit délku vodičů k diskům, ta může být až přes jeden metr. Další vymožeností tohoto rozhraní je možnost připojování a odpojování disků za chodu.

- **Sériové rozhraní** Sériové rozhraní s hvězdicovou topologií, přenosovou rychlostí 12 Mbit/s (verze 1.0) nebo 480 Mbit/s (verze 2.0).

- **Fibre Channel - FC** FC je sériové rozhranní o rychlosti 2Gb/s s možností připojení na vzdálenost až 10km. Podpora hot-plug a až 127 diskových jednotek. Nemusí sloužit pouze pro připojení pevných disků, ale může podporovat další protokoly jako SCSI, ATM, Internet Protokol a další.

- **IEEE1394 (FireWire, i-Link)** Sériové rozhraní s přenosovou rychlostí 100, 200 nebo 400Mbit/s slouží k připojování externích pevných disků, digitálních videokamer a dalších zařízení.

## 3.4 Disketové mechaniky

Provoz disketové mechaniky je poměrně jednoduchý. Disketa se otáčí rychlostí 300ot/min. Nad otáčejícím se povrchem diskety se pohybují hlavy po maximální dráze 2,54cm. Hlavy se pohybují směrem dovnitř, ke středu diskety, nebo směrem ven, k vnějšímu obvodu diskety. Během tohoto pohybu mohou hlavy zapsat 80 stop. Stopy jsou zapisovány na obě strany diskety. Z tohoto důvodu jsou stopy někdy nazývány cylindry. Jeden cylindr se skládá ze stop nacházejících se v daném okamžiku pod hlavami, a to na horním i spodním povrchu diskety. Záznam dat je prováděn metodou *tunelového mazání*. Metoda spočívá v zapsání určité šířky stopy s následným smazáním okraje (té samé stopy), z důvodu problému interference se sousedními stopami. Standardní šířka stopy je 115$\mu$m.

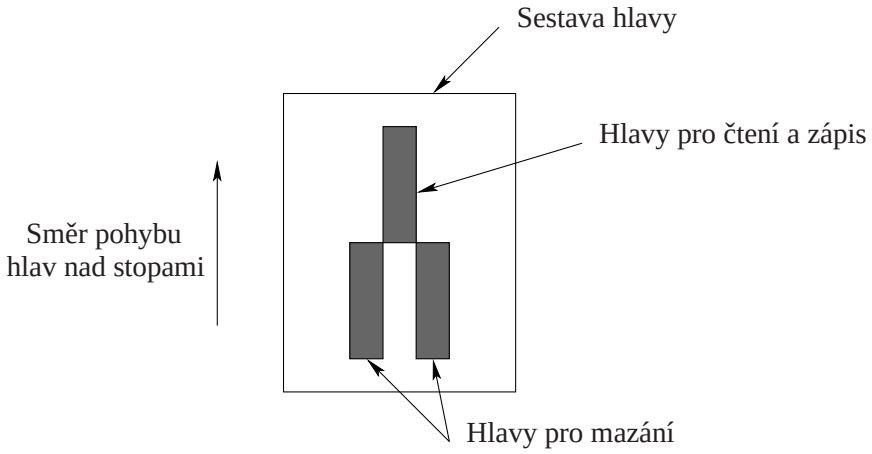
Rozhraní používané všemi typy mechanik se nazývá *Shugart Associates SA-400*, založené na čipu NEC 765 nebo čipech kompatibilních.

### 3.4.1 Části disketové mechaniky

Všechny typy disketových mechanik sestávají ze společných hlavních dílu. Jsou jimi hlavy pro čtení a zápis, pohon hlav a mechaniky, řídící deska, řadič a konektory.

#### Hlavy pro čtení a zápis

Disketová mechanika má dvě hlavy pro čtení a zápis. Každá je určena pro jednu stranu diskety. První hlava je spodní, přičemž horní hlava není umístěna přímo nad spodní hlavou, ale v závislosti na typu mechaniky je posunuta o 4 nebo 8 stop směrem dovnitř. Hlavy se nemohou pohybovat nezávisle, poněvadž jsou umístěny na společném rameni. Hlavy jsou vyrobeny z měkké železné slitiny, v té jsou zality elektromagnetické cívky. Každá hlava je složena ze tří hlav, uprostřed se nachází hlava pro čtení a zápis a na obou okrajích pak hlavy pro mazání (obr.3.7).




Obrázek 3.7: Sestava hlavy disketové mechaniky

Obě hlavy jsou přiklápěny pomocí pružin a vyvíjejí mírný tlak na povrch diskety. Hlavy jsou při čtení a záznamu v přímém kontaktu s povrchem diskety. Vzhledem k pomalým otáčkám disketových mechanik, nezpůsobuje tento tlak žádné velké problémy se třením. Některé novější typy disket jsou pokryty vrstvou teflonu pro snížení tření.

#### Pohon hlav

Pro pohyb hlav nad povrchem diskety se používají krokové motory, které se mohu otáčet oběma směry po krocích. Motor je řízen příkazy z řadiče mechaniky, a to vždy vzhledem k současné pozici hlavy. Krokovací motor je u mechanik o velikosti 3,5” se závěsem hlav ve většině případů spojen šnekovým převodem, který je přímo poháněný z hřídele krokovacího motoru.

Doba pohybu krokovacího motoru z jedné polohy do druhé je kolem 200ms. Jedna polovina cyklu je 100ms a jedna třetina cyklu 66ms, tyto doby se používají pro vyjádření udávané průměrné doby přístupu disketové mechaniky. Průměrná doba přístupu je čas potřebný pro přesun hlav z jedné náhodné stopy na druhou.

#### Pohon mechaniky

Pohon mechaniky otáčí disketou rychlostí 300ot/min. U všech moderních mechanik se používá systém přímého náhonu. Hřídel motoru a hřídel roztáčející disketu jsou propojeny přímo. Tento systém náhonu je spolehlivější a přesnější než u starších převodů, u kterých byl používán řemínkový převod.

#### Řídící deska

Řídící deska je deska s elektrickými obvody, sloužícími k řízení pohonu hlav, hlav pro čtení a zápis, pohonu mechaniky, senzorů diskety a všech součástí mechaniky. Řídící deska představuje rozhraní mechaniky vůči desce řadiče v systémové jednotce. Disketová mechanika má vždy jednu nebo více těchto řídících desek.

#### Řadič

V dnešní době je řadič disket součástí základní desky počítače. Obvykle je to čip *Super I/O*, který navíc obsahuje rozhraní pro sériové a paralelní porty apod. Řadič se chová jako kdyby byl samostatnou rozšiřující kartou, nainstalovanou do slotu sběrnice ISA.

U řadičů disketových mechanik se v posledních letech změnila jen maximální přenosová rychlost, která je v dnešní době 1Mb/s. Starší typy řadičů podporují pouze přenosovou rychlost 500Kb/s.

#### Konektory

Disketové jednotky mají dva konektory, napájecí konektor a konektor, který přenáší data a řídící signály z mechaniky a do mechaniky. Konektory jsou v počítačovém průmyslu standardizovány. Konektor pro napájení má čtyři vývody v řadě vedle sebe, nazývaný *Mate-N-Lock*. Provádí se ve dvojí velikosti. Konektor se 34 vývody slouží pro přenos dat a řídících signálů.

### 3.4.2 Typy disketových mechanik

Jednotlivé typy disketových mechanik se liší jednak velikostí čtených a zapisovaných disket udávaných v palcích a velikostí disket. Nejstarší dnes již nepoužívaná disketa je o velikosti 5,25”. Diskety měly 35 nebo 40 stop. Počet sektorů byl 9, 10 nebo 16. Kapacita těchto disket byla 180KB, 360KB, 720KB a 1,2MB. V dnešní době se setkáme už jen s 3,5” disketami. Používají se tři typy mechanik pracující s 3,5” disketami:

**Mechanika 3,5” o kapacitě 720KB (*DD - double density*)**

Tyto mechaniky byly poprvé použity v roce 1986 jako součásti laptopů vyrobené firmou IBM. Mechanika obvykle zaznamenává 80 cylindrů majících dvě stopy. V jedné stopě je 9 sektorů, což vede k výsledné kapacitě 720KB.

Mechaniky se nejčastěji používaly v počítačích XT, z důvodu možnosti fungování mechaniky na jakémkoliv řadiči pro dvojnásobnou hustotu záznamu. Mechanika se otáčí rychlostí 300ot/min., vyžaduje rychlost řadiče pouhých 250KHz.

**Mechanika 3,5” o kapacitě 1,44MB (*HD - high density*)**

Mechaniky se poprvé objevily opět v nabídce firmy IBM. Byly součástí počítačů řady PS/2 v roce 1987. Mechanika zaznamenává 80 cylindrů se dvěma stopami, v každé stopě je 18 sektorů. Výsledkem je kapacita o velikosti 1,44MB. Mechaniky se otáčejí rychlostí 300ot/min. Je to z toho důvodu, aby mechaniky byly schopné spolupracovat s již existujícími typy řadičů s vysokou a dvojnásobnou hustotou záznamu. Požadovaná rychlost řadiče je 500KHz.

**Mechanika 3,5 o kapacitě 2,88MB (*ED - extra high density*)**

Nová mechanika byla vyvinuta firmou Toshiba Corporation v 80.letech a oficiálně byla uvedena na trh v roce 1987. Mechanika je schopna pracovat s disketami o kapacitě 720KB a 1,44MB.

Tyto mechaniky používají metodu vertikálního nahrávání, díky niž dosahuje vysoké lineární hustoty 36 sektorů na stopu. Metoda zvyšuje hustotu záznamu způsobem, že magnetické domény jsou magnetizovány ve směru kolmém k povrchu. Při nahrávání jsou tedy jednotlivé domény „postaveny na své konce“ a těsně seřazeny vedle sebe.

Pro podporu těchto mechanik bylo nutné změnit řadiče disketových mechanik. Tyto mechaniky se otáčejí rychlostí 300ot/min, ale mají 36 sektorů na stopě. Protože všechny diskety jsou formátovány tak, že čísla sektorů následují za sebou (prokládání 1:1), všech 36 sektorů musí být přečteno za stejnou dobu, kterou potřebuje 1,44MB mechanika pro přečtení 18 sektorů. Řadiče tedy musí podporovat vyšší rychlost a to 1MHz (1 000 000 b/s).

Disketové mechaniky nejsou o moc dražší než mechaniky pro diskety s kapacitou 1,44MB, ale jsou velmi drahé diskety. Médium je jiné než u klasické diskety. Je pokryto baryum-feritem, které lze magnetizací velmi snadno orientovat tak, aby jejich magnetické osy byly kolmé k povrchu média a mohla se použít metoda vertikálního nahrávání.

### 3.4.3 Konstrukce 3,5” disket

Disketa je uzavřena v tuhém plastovém obalu. Otvor pro přístup hlav k povrchu disket je chráněn kovovou clonou. Ve středu diskety se nachází kovový středový unášeč s vystřeďovacím otvorem. Mechanika uchopí kovový unášeč a díky hranatému otvoru se mechanika nastaví do správné polohy. V levé dolní části diskety je otvor s plastickou posunovatelnou clonou, který zajišťuje ochranu proti zápisu. Je-li otvor zakrytý, je zápis možný a naopak. Na pravém dolním okraji, naproti otvoru, zajišťujícímu ochranu zápisu, je otvor sloužící pro výběr hustoty záznamu na médium. Pokud je tento otvor přesně naproti otvoru pro ochranu proti zápisu, jedná se o 1,44MB disketu. Jestliže je otvor posunut výše ke kovové cloně, je to 2,88MB disketa. Není-li na pravé straně žádný otvor, jedná se o disketu s nízkou hustotou záznamu. Většina mechanik je vybavena senzorem detekce média pro řízení záznamu na disketu podle existence či neexistence těchto otvorů.

### 3.4.4 Výměna diskety

Standardní řadič a mechanika používají na datovém vodiči speciální signál. Říká se mu výměna diskety. Účelem tohoto signálu je určit, zda disketa byla vyměněna nebo zda je v mechanice stále stejná disketa, ze které byly data načtena při předchozím přístupu k disketě. Výměna diskety je pulsním signálem, který mění stavový registr řadiče tak, aby se systém dozvěděl je-li disketa vložena nebo vyjmuta.

Pokud řadič vyšle pulsní signál do mechaniky a mechanika odpoví, je obsah registru vymazán. To znamená, že se hlavy pohnuly. V tomto okamžiku systém zjistí, že v mechanice je disketa. Pokud řadič neobdrží odpověď do doby dalšího odeslání signálu, systém předpokládá, že je v mechanice stále stejná disketa. Proto může systém použít všechny informace, které byly z diskety načteny do paměti během předchozího přístupu, nemusí znovu načítat obsah diskety.

### 3.4.5 Rozhraní disketových mechanik

#### Klasické interní rozhraní

Rozhraní vyvinuté Alanem Shugartem a jeho spolupracovníky. Používá se u většiny disketových mechanik. Začínají se objevovat počítače bez těchto rozhraní. Poté je třeba použít k připojení externí mechaniku s rozhraním USB, paralelním nebo FireWire.

## 3.5 Přenosná média s vysokou kapacitou

Existují dva druhy přenosných magnetických médií s vysokou kapacitou: disková a pásková média.

### 3.5.1 Disková média

Cena jednoho megabytu je většině případech vyšší než u páskových médií, jejich kapacita je nižší a naopak disková média umožňují rychlejší přístup k jednotlivým souborům. Příčinou je metoda náhodného přístupu k datům, která se u diskových médií využívá. Disková média jsou rychlejší při kopírování jednoho či více souborů, jsou ale pomalejší při kopírování velkých objemů dat, nebo celých celků.

#### Bernoulliho disky

Tyto typy disků jsou svou technologií obdobné floppy diskům, s tím rozdílem, že disk má pevné hlavičky (ve směru rovnoběžném s osou disku) a disk se v místech po hlavičkou prohýbá a tím vytváří potřebnou vzdálenost od hlavičky. Tyto disky vyrábí firma Iomega a dosahují kapacit 90,150 nebo 230MB při velikosti 5,25”.

- **Mechaniky ZIP** - tyto 3,5” mechaniky jsou původní verzí pružného disku Bernoulli. Mechaniky ZIP jsou určeny pro média o kapacitě 100 či 250MB, přičemž tyto nelze použít v jiných mechanikách. Existují interní mechaniky s rozhraním IDE i SCSI a externí s rozhraním SCSI, paralelním nebo USB. Jsou i speciální verze s rozhraním PC Card, mající sníženou výšku, které jsou především určeny pro přenosné počítače.

  Média mají ve srovnání se standardní 3,5” disketou přibližně dvojnásobnou tloušťku. Magnetická vrstva posledních verzí médií Zip 250 obsahuje titanové částice, které zvyšují stálost zapsaných dat.

#### Floptické mechaniky

Technologie (s aktivní vrstvou beryliumferrit) je opět obdobou floppy diskové technologie, ale s laserovým nebo holografickým polohovacím servomechanismem. Tento umožňuje mnohem přesnější nastavení magnetické hlavy na magnetický povrch disku a tím zvýšit kapacitu diskety 3,5” (na pohled nerozlišitelnou od klasické diskety 3,5”) na 21MB. Zvýšení kapacity se dosahuje výrazným zvýšením počtu stop na jedné straně média. Další výhodou těchto disků je, že disketové jednotky mohou číst i klasické 3,5” diskety.

První floptická zařízení byla vyvinuta počátkem 90.let. První zařízení tohoto typu se na trhu moc neuchytila, z důvodů vysoké ceny mechanik, médií a nízké podpoře ze strany výrobců systémových BIOSů. Odstartovala ale vývoj podobných mechanik určitým směrem.

- **LS-120 SuperDisk** - v podstatě stejný způsob polohování hlav jako u floptických disků dnes používá zařízení LS-120 SuperDisk. Hlavní výhodou je přímá kompatibilita s 3,5” disketami. Při vývoji těchto mechanik bylo hlavním cílem nahradit zastaralé mechaniky pro 3,5” diskety. Určitého úspěchu se dosáhlo, ale v dnešní době se již mechaniky nedodávají, pouze média.

  Mechanika umožňuje uložit až 120 MB dat na médium. Rychlost čtení je 27krát a rychlost zápisu 20krát vyšší než u klasické disketové mechaniky. Mechaniky se liší použitým rozhraním, přičemž platí, že jsou podporována prakticky všechna běžná rozhraní (IDE, USB, PC Card a paralelní port).

**Mechaniky vycházející z technologie pevných disků**

Mezi zařízení vycházející především z technologie pevných disků patří:

- **Mechaniky Jaz** - připojují se pomocí rozhraní SCSI. Používají se u nich výměnné disky s kapacitou 1GB nebo 2GB. Disky se v mechanice otáčejí rychlostí 5400 otáček za minutu. Přístupová doba této mechaniky je 10ms a přenosová rychlost u 1 GB disku je 5,4MB/s, u 2GB disku 7,35MB/s. Mechanika se dodává v interní i externí verzi. Verze pro média o kapacitě 2GB je zpětně kompatibilní s verzí, určenou pro média o kapacitě 1GB.

- **Mechaniky Castlewood Orb** - tato mechanika používá hlavy, vyrobené stejnou magnetorezistivní technologií, jaká se používá při výrobě hlav pevných disků. Díky tomu dosahují tyto mechaniky srovnatelných výkonů s pevným diskem, přičemž cena za 1GB je podstatně nižší než v případě mechaniky Jaz.

  Mechanika Orb je vyráběna ve verzích se všemi standardními rozhraními (ATA, interní a externí SCSI, paralelní port, IEEE-1394 a USB). Kapacita těchto mechanik je 2,2GB a 5,7GB, přístupová doba 11ms a otáčky média 5400 otáček za minutu. Přenosová rychlost je od 2MB/s do 12,2MB/s v závislosti na použitém rozhraní.

- **Mechaniky Peerless** - poprvé byly představeny v lednu roku 2001. Jsou určeny především pro přenosné pevné disky o kapacitách 10 a 20GB. Součásti těchto disků jsou hlavy pro čtení a záznam, které jsou umístěné v utěsněném pouzdře, výměnný modul rozhranní a veškerá elektronika potřebná pro práci s médiem. Mechaniky jsou dodávány s rozhraními IEEE-1394 a USB1.1.

- **Mechaniky SyQuest** - jsou to výměnná média typu Winchester. Disky jsou uloženy v pouzdrech (*cartridge*), které se celé zasouvají do jednotky, roztočí se a pak se vysunou hlavy. Vzhledem k tomu, že disky nejsou vzduchotěsně uzavřeny, musí být vzdálenost plavajících hlav větší, než u klasických disků. Proto i dosahovaná hustota záznamu je menší. (EZFlyer s kapacitou 135 a 230MB; SparQ s kapacitou 1GB; SyJet pro média o kapacitě 1,5GB, SyDOS pro média o kapacitě 44 nebo 88MB). Přitom platí, že všechna média o kapacitě nižší než 1GB mají rozměr 5,25” a jsou uzavřena do průhledných kazet. Média s vyšší kapacitou mají rozměr 3,5” a jejich obal je vyroben z plastu černé barvy. Celková robustnost konstrukce i robustní hlavy umožňují při důmyslném systému uzavírání štěrbiny plavání hlav i při náhodné nečistotě. Mechaniky SparQ jsou s paralelním rozhraním a rozhraním ATA. SyJet a EzFlyer navíc s rozhraním SCSI.

- **Microdrive** - tento přenosný pevný disk o velikosti 1” od firmy IBM je uzavřen do pouzdra CompactFlash+ typu II. Lze jej využít jako přímou náhradu těchto typů karet u všech zařízení, podporujících karty CompactFlash. Vyrábějí se disky s kapacitou 170MB, 340MB 512MB a 1GB, a také s adaptérem do slotů PC Card.

### 3.5.2 Pásková média

Celkově je toto médium vhodnější při přístupu k mnoha souborům současně oproti diskovým médiím. Při přístupu k páskovým médiím se totiž využívá sekvenční přístup, což znamená, že celá páska musí být čtena od začátku a jednotlivé soubory mohou být načítány v tom pořadí, v jakém jsou uloženy na pásce. Obvykle také nelze jednotlivé soubory na pásce měnit či mazat. Je nutné nejprve celou pásku vymazat a poté ji přepsat změněným obsahem. Z těchto důvodů jsou pásková média vhodná zejména pro provádění záloh celých disků nebo systému. Cenově jsou pásky dostupné, ale provedený

backup (zálohování), vzhledem k nejhorším magnetickým vlastnostem ze všech magnetických medií, je doporučen k uchovávání maximálně na dobu 5 let. Páskové kazety mají kapacitu až 10GB při toku dat 9MB/s. Nahrávání se děje až 36 stopou hlavou umožňující i čtení oběma směry.

Na trhu existuje mnoho páskových mechanik, odpovídajících některému z níže uvedených standardů:

- **QIC, QIC-Wide, Travan** - jedná se o tři rozsáhlé skupiny levnějších páskových mechanik, umožňujících zazálohování až 20GB dat na jedno médium při kompresi 2:1.
- **DAT (Digital Audio Tape)** - novější technologie než QIC. Používají spirálovitý záznam dat. Hlavy jsou součástí otočného bubnu. Stopy dat jsou zapisována pod určitým úhlem, sevřeným stopou a osou pásky. K záznamu dat se může využít celý povrch pásky. Mechanika DAT umožňuje zálohovat až 40GB dat na jedno médium při kompresi 2:1. Šířka pásky je 4mm.
- **AIT (Advanced Inteligent Tape)** - princip záznamu stejný jako u DAT technologie. Mechaniky používají servosystém ATF (Auto Tracking Following), umožňující přesný zápis dat do jednotlivých stop. Šířka pásky je 8mm.
- **On Stream ADR (Advanced Digital Recording)** - nejnovější technologie. Zaměřuje se především na zálohování pracovních stanic a menších sítí. Na jedno médium lze uložit až 50GB dat při kompresi 2:1. Mechaniky jsou vyráběny jak s rozhraním SCSI, tak i rozhraním ATA. Externí mechaniky umožňují uložení 30GB dat při kompresi 2:1.
- **Mechaniky Ecrix VXA** - záznam připomíná spirálovitý záznam technologie DAT, páska je ale přes magnetický buben vedena odlišným mechanismem. Umožňují zálohovat až 66GB dat při kompresi 2:1. Používá se s rozhraním SCSI nebo IEEE-1394.
- **DLT (Digital Linear Tape)** - technologie DLT zapisuje a čte na více kanálech současně. Záznamové médium je rozděleno do paralelních, horizontálních stop a přenos dat se uskutečňuje z jediné stacionární hlavy nad pohybující se magnetickou páskou o šířce jednoho palce. Páska je přesouvána vysokou rychlostí (250-380 cm/s).

# Kapitola 4

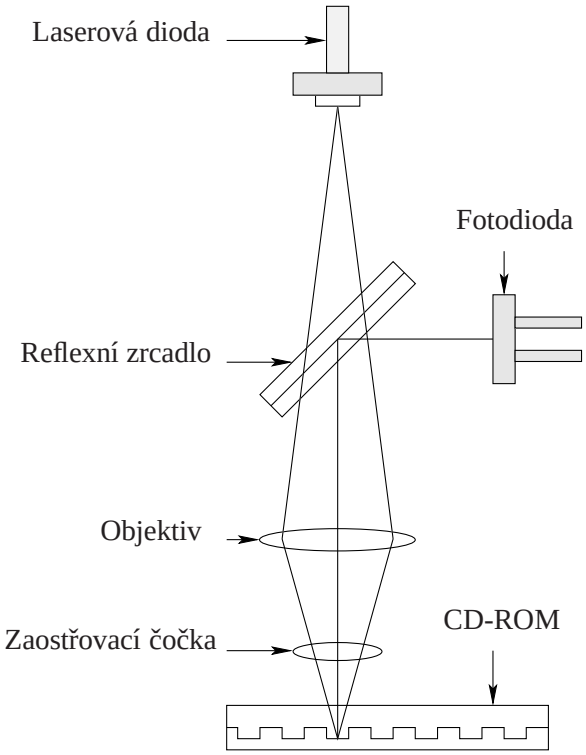
# Paměti optické

## 4.1 Princip ukládání dat

Objev laseru se datuje k roku 1960. Jednou z možností, jak laser využít ve výpočetní technice, jsou vnější paměti. Hlavním důvodem je možnost zaostření paprsku optickou soustavou na plochu o rozměrech menších než 1$\mu$m. Laserový záznam je vysoce odolný proti působení vnějších magnetických polí a proti prachu. Proti poškození povrchu je možné jej chránit průhlednou ochrannou vrstvou. K dispozici byla řešení osvědčená z pamětí magnetických, např. médium ve tvaru rotujícího disku, metody kódování, atd. Řešily se však i nové problémy, např. interakce intenzivního optického svazku s tenkými vrstvami, časová stálost změn a jejich optická detekce. Rozhodující zlom nastal na počátku 90. let, kdy optické vnější paměti překonaly většinu pozitivních vlastností magnetických pamětí. Jistě na tom mělo svůj podíl i rozšíření digitálního záznamu zvuku CD-DA (Compact Disc - Digital Audio).

Nejrozšířenějšími optickými paměťmi jsou dnes CD-ROM. Jako materiál je používán polykarbonát, do kterého jsou lisováním podle matrice data zapsána. Strana se záznamem je pokryta reflexní vrstvou a opatřena ochranným lakem, na kterém je také natištěn popis CD. Záznam se provádí v podobě prohlubní a ostrůvků, pitů a polí. Jedničky v datech jsou na optickém médiu zapsány jako přechody mezi pitem a polem, příp. naopak. Datové nuly se nezapisují. Přechody jsou obdobou magnetických reverzací známých z magnetických médií. Při čtení dopadá laserový paprsek nejprve na ten povrch disku, na kterém nejsou vylisovány pity. Prochází celou tloušťkou průhledného polykarbonátu, odráží se od vnitřní strany vrchní roviny kotoučku pokryté reflexní kovovou vrstvou a znovu prochází celou jeho tloušťkou ke čtecímu senzoru. Prochází tedy celé médium dvakrát. Pokud se v místě odrazu svazku od horního povrchu nachází pit, dojde k částečnému rozptýlení odrazu, a to vyvolá na čtecím senzoru jinou odezvu, než v případě odrazu čistého. Celou cestu paprsku znázorňuje obrázek (obr.4.1).

Optické paměti CD-WORM (*Write Once Read Many times*), nebo-li CD-R, byly velkým technologickým krokem vpřed. Na ty může zapisovat uživatel, ale jen jednou, jak je patrno z názvu. Dopadne-li na nějaký materiál silný impuls laserového záření ve formě silně zaostřeného paprsku a absorbuje-li se alespoň část jeho energie, dochází k intenzivnímu lokálnímu ohřátí a tím i ke změnám vlastností materiálu. Jako nejvhodnější se ukázalo vypálení otvoru v kovové vrstvě nebo lokální deformace vrstvy. Princip čtení je v obou těchto případech podobný čtení CD-ROM, pity zde nejsou do základního materiálu vylisovány, ale jsou vytvořeny na speciální kovové vrstvě. Záznam se provádí vypálením pitů do speciální záznamové vrstvy. Záznamový režim používá výrazně vyšší výkon laserové diody než při čtení. Ve vrstvě přitom dochází k nevratným změnám, při kterých se v daném místě změní některý charakteristický optický parametr (např. koeficient reflexe). Ve čtecím režimu ke změnám ve vrstvě nedochází. Jen odraz je ve vypáleném místě jiný, čtecí senzor indikuje tuto skutečnost jako pit.




Obrázek 4.1: Princip optického záznamu

Ještě vyšší stupeň představují přepisovatelné optické disky CD-RW, které jsou založeny na fyzikálních principech lokální změny krystalické struktury, nebo lokální přeměny amorfní látky na krystalickou. Obě tyto změny jsou vratné, což právě zajišťuje přepisovatelnost.

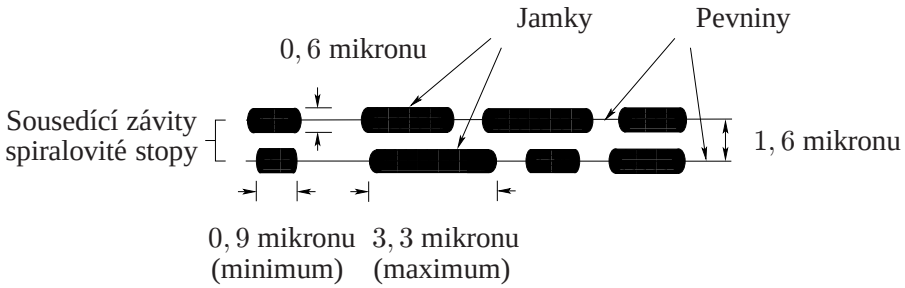
### 4.1.1 Jamky a pevniny

**CD-ROM**

Čtení informací z disku je založeno na rozdílném odrážení laserového paprsku od jamek (pitů) a pevnin (land). Jedno datové CD médium obsahuje kolem dvou biliónů pitů. Jamky na CD disku mají hloubku $0,125$ $\mu$m a šířku $0,6$ $\mu$m. Jamky i pevniny jsou proměnné v délce, a to v rozmezí přibližně od $0,9$ $\mu$m do $3,3$ $\mu$m (obr.4.2).

Výška jamek nad pevninami je odvozena od vlnové délky laserového světla, používaného pro čtení dat. Tato výška je rovna přesně $1/4$ vlnové délky. Světlo které dopadá na pevninu a následně se z ní odráží, urazí vzdálenost přesně o polovinu vlnové délky laserového světla delší než světlo, dopadající a odrážející se z jamky. Světlo odražené z jamky je oproti ostatnímu světlu fázově posunuto o jednu polovinu vlnové délky. V důsledku vzájemné interakce fázově posunutého světla se světlem bez fázového posunu, dochází k úbytku intenzity světla odraženého z jamek. Z toho důvodu se jamky jeví jako podstatně tmavší než zbývající části disku, i přesto, že jsou pokryty stejnou odrazovou vrstvou hliníku.

Vlnová délka laserového světla používaných v CD mechanikách má vlnovou délku 780nm a výkon




Obrázek 4.2: Jamky a pevniny u CD médií

okolo 1mW. Při zápisu se výkon laseru zvýší přibližně 10x, než při čtení. Polykarbonátovou vrstvou, o indexu lomu 1,55, prochází světlo 1,55krát pomaleji než vzduchem. Frekvence světla zůstává stejná, proto je výsledkem odpovídající zmenšení vlnové délky. Pak světlo, které má vlnovou délku ve vzduchu 780nm, se v polykarbonátu změní na světlo o vlnové délce 780/1,55=500nm. Jedna čtvrtina z 500nm je 125nm. Výška jamky je tedy oněch uváděných 0,125 $\mu$m.

**DVD**

Záznam je stejně jako u CD disků tvořen stopou s jamkami a pevninami. Liší se pouze v rozměrech, které jsou menší z důvodu dosažení větší kapacity (tab. 4.1).

| | **DVD** | **CD** |
|---|---|---|
| Délka jamky | 0,4 - 1,9$\mu$m | 0,9 - 3,3$\mu$m |
| Hloubka jamky | 0,105$\mu$m | 0,125$\mu$m |
| Šířka jamky | 0,4$\mu$m | 0,6$\mu$m |
| Vzdálenost sousedních stop | 0,74$\mu$m | 1,6$\mu$m |
| Plocha média pro záznam dat | 8,759mm$^2$ | 8,605mm$^2$ |
| Kapacita | 4,7 - 17GB | 650 - 700MB |

Tabulka 4.1: Rozdíly mezi CD a DVD

### 4.1.2 Stopy a sektory

**CD-ROM**

Data jsou na povrchu disku zaznamenávána do stopy, mající tvar spirály (obr.4.6). Jednotlivé závity spirály jsou od sebe vzdáleny 1,6 $\mu$m (viz obr.4.2). Jedno CD se záznamovou šíří 3,3 cm a kapacitou 74 minut (700MB) obsahuje 22188 závitů, celková délka stopy je 5,77km.

Stopa je dále rozdělena na sektory, které se čtou rychlostí 75 sektorů za sekundu(při rychlosti 1x). Sektory se dělí na 98 rámců informací, z nichž každý obsahuje 33 bytů (24 bytů pro data, 1 byte obsahuje subkód, 8 bytů pro kontrolní kód a opravu chyb). Kapacita jednoho sektoru je 3234 bytů.

#### DVD

Stopa ve formě spirály, má celkovou délku 11,84km. Závity jsou od sebe vzdáleny 0,74$\mu$m, výsledná hustota stop je 1351 závitů na milimetr. Celkem je v jedné záznamové vrstvě 49324 závitů.

Stopa je tvořena sektory, z nichž každý obsahuje 2048 bytů dat. Při zápisu jsou nejprve data zformátována do datových rámců o velikosti 2064 bytů. Z toho je 2048 bytů pro data, 4 byty obsahují identifikační informace, 2 byty obsahují informace pro detekci chyb v identifikačních informacích (*ID Error Detection - IED*), 6 bytů dat pro ochranu autorských práv, a 4 byty obsahují kód pro detekci a opravu chyb pro celý rámec. K rámcům jsou dále přidány ECC informace. Vytvoří se tak ECC rámce obsahující datový rámec o velikosti 2064 bytů, 182 bytů vnější parity (*Parity Outer* - PO) a 120 bytů vnitřní parity (*Parity Inter* - PI). Výsledná velikost rámců ECC je 2366 bytů. Nakonec se ECC rámce převádějí do formátu, v němž jsou ukládány do sektorů na média. Z každého ECC rámce je najednou načteno 91 bytů, které jsou modulací 8 na 16 převedeny na bity, nahrávané na médium. Po převodu každé skupiny 91 bytů je ke vzniklému řetězci bitů přidáno 32 bitů (4 byty) synchronizačních informací. Po převedení celého rámce ECC na formát fyzického sektoru, se na médium zaznamená 4836 bytů.

## 4.2 Média pro optický záznam

### 4.2.1 CD disky

CD nebo-li kompaktní disky můžeme rozdělit do tří skupin:

#### CD

Hromadně vyráběná CD média jsou lisována a nikoliv vypalována. Laser se používá pouze pro vypálení dat do skleněné matrice, pokryté fotocitlivým materiálem. Lisovaný kompaktní disk se skládá ze tří vrstev:

- dolní, nepotištěná vrstva, je tvořena průhledným polykarbonátem, který slouží jako ochrana vytištěných (nebo vypálených) dat před poškozením
- střední vrstva je z reflexního kovu, většinou hliníku
- vrchní vrstva je ochranný lakovaný obal. Ochranný lak se nanáší ve finále výroby, je vytvrzován ultrafialovým světlem. Na tuto vrstvu se CD potiskují.

Celková tloušťka CD je 1,2mm a jeho průměr je 12cm s centrálním otvorem 1,5cm. CD váží bez obalu 18 gramů.

#### CD-R

CD-R je často nazýváno též jako CD-WORM nebo CD-WO (*Write Once* - možno jedenkrát zapsat, WORM - *Write Once Read Many* - možno jedenkrát zapsat a mnohokrát číst). CD-R jsou vyráběna obdobným způsobem jako lisovaná CD. Rozdíl je v použité matrici. U CD-R matrice vyráží obraz spirálové drážky, která se jeví ze strany, ze které je médium čteno, jako vystouplá brázda. Drážka není hladká, je lisována v podobě vlnovky. Amplituda těchto vln je ve srovnání závitů spirálové stopy (1,6$\mu$m) velmi malá, a to 0,03$\mu$m. Signál, který je do vlnovky uložen je dalším nositelem informace.

Signál je frekvenčně modulován s časovým kódem a dalšími daty, proto se nazývá absolutní čas v drážce (*Absolute Time In Pre-groove* - ATIP).

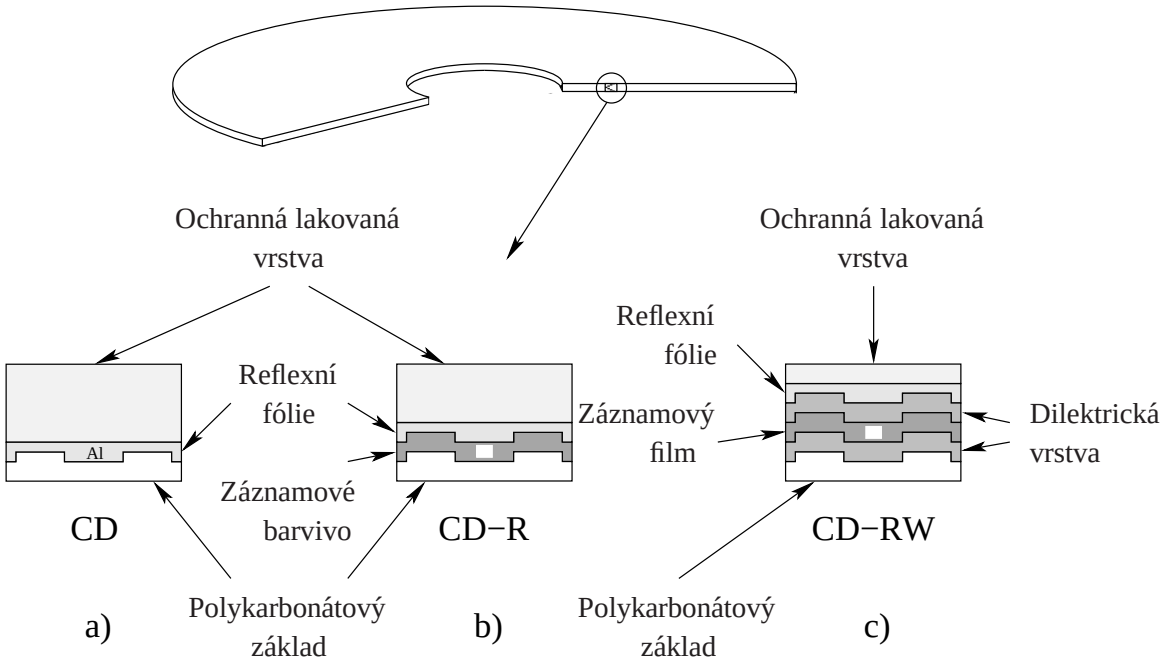
Střední vrstva CD-R média se skládá z reflexní fólie a organického barviva (obr.4.3). Používá se zlato, které nereaguje s barvivem a koroduje mnohem méně, než kterýkoliv jiný kov. Zlato je navíc velmi reflexní. Používá se 24karátové zlato. Zlato se často nahrazuje stříbrem, které je podstatně levnější. Organická sloučenina je vlastním záznamovým médiem.

Při vypalování se organické barvivo zahřeje, což způsobí jeho fyzickou změnu. Vypalovací paprsek vytváří miniaturní kopečky (pity). Přestože se vypálený pit od pitu lisovaného fyzikálně liší, pořád mluvíme o pitu. Pit mění odrazivost od zlatého podkladu. Rozdíl mezi vypáleným a lisovaným pitem je důvodem, proč na některých starých CD-ROM mechanikách nešla vypálená CD přečíst. Výrobci proto museli u mechanik upravit algoritmus ostření a vyhodnocování logických úrovní.

Údaje o velikosti disku jsou stejné, jako u CD lisovaných.

Barva CD-R médií se často různí. Je to způsobeno různým střídáním zlaté barvy za odstíny zelené, modré, dokonce i hnědé. Barva média je dána barvou odrazového média a barvou organického barviva. Dříve často používané zlato je nahrazováno stříbrnou odrazovou plochou. Je sice levnější, ale má své nedostatky. Stříbro je agresivnější než zlato, je tedy více náchylné k oxidaci. Vzhledem k tomu, že se životnost médií počítá až na sto let, je snížení životnosti těchto médií poměrně nezajímavé. Média, která se jeví jako zelená, používají jako barvivo *cyanin*. Zlatavé disky využívají phtalocyanin, u kterého je deklarována vyšší odolnost proti slunečnímu UV záření, které data na disku poškozují. Média používající vrstvu *Azo* jsou z datové strany zabarvena modře. CD-R média s vrstvou Azo často používají stříbrnou reflexní vrstvu. Výrobci CD-R médií se snaží zkombinovat různé materiály a tloušťky tak, aby dosáhly možnosti zápisu vysokou rychlostí, velké odolnosti proti vnějším vlivům, zvlášť slunečnímu záření a kompatibility s CD-ROM mechanikami pro čtení zapsaných médií.

Média CD-R mají kapacitu u starších 650MB (74 minut), standardní současná média jsou o kapacitě 700MB (80 minut). Zvýšení kapacity o 50MB je dáno zmenšením rozteče závitů spirálovité stopy.




Obrázek 4.3: Vrstvy CD, CD-R a CD-RW médií

### CD-RW

Médium CD-RW je konstruováno na podobném základu jako médium CD-R (obr.4.3). Stejně jako u jiných kompaktních disků, je jako nosné médium použit drážkovaný polykarbonátový substrát, na kterém je naneseno několik vrstev. Vrstva pro záznam je z obou stran obklopena vrstvou dielektrika, slitina silikonu, kyslíku, zinku a síry. Tyto vrstvy mají za úkol modifikovat odezvu optického média, aby poskytovalo čistý signál, zvýšit účinnost laseru pro dosažení žádoucí teploty na záznamové vrstvě, působit jako tepelná izolace mezi substrátem, předlisovanou drážkou a odraznou vrstvou a v poslední řadě slouží jako mechanická brzda záznamového média, aby nedocházelo k jeho posunu vlivem odstředivých sil . Záznamové barvivo je jiné než u CD-R. Při nahrávání CD-R dochází k nevratné změně tohoto barviva. CD-RW proto používá technologii fázové změny. Namísto vytváření deformací v barvivu využívá změnu struktury materiálu z krystalické do amorfní formy. K tomu slouží speciální chemická sloučenina stříbra, india, antimonu a teluru. Tato slitina mění působením energie svůj stav, krystalický - vysoce odrazivý a amorfní na stav s nízkou odrazivostí, a je schopna se rovněž působením energie vrátit do původního stavu. Materiál použitý u CD-RW médií má tu vlastnost, že když je zahřátý na jistou teplotu a pak ochlazen, dochází k jeho krystalizaci, zatímco dojde-li k jeho vyššímu zahřátí a opětovnému ochlazení, přejde do nekrystalického - amorfního stavu. Krystalický stav odráží více světla než amorfní, tím je docíleno dvoustavového efektu, který je nezbytný pro přenos informace. Krystalický stav tedy vytváří pevniny (land) a amorfní stav zase pit.

Mechaniky schopné zapisovat CD-RW disky pracují ve třech režimech: s nejvyšším výkonem laseru (*Write Power*) vzniká amorfní forma, se středním výkonem laseru (*Erase Power*) vzniká krystalická forma a nízkým výkonem (*Read Power*) se disk čte. Během zápisu je slitina zahřátá na vysokou teplotu (500 až 700°C), a rychlým ochlazením dojde ke vzniku amorfní vrstvy. Pracuje-li laser se středním výkonem, slitina se ohřeje (cca na 200°C) pod teplotu tání, ale po dostatečně dlouhou dobu, a dojde ke vzniku krystalické formy.

U CD-RW hraje roli složení slitiny, tloušťka vrstvy a čas, po kterou je slitina vystavena laseru. Fyzikální vlastnosti slitiny a polykarbonátu určují minimální dobu pro změnu fáze a ta následně má vliv na zapisovací (mazací) rychlost.

CD disk můžeme rozdělit na 6 částí, které jsou pro většinu médií stejná. Jsou jimi:

- **Oblast pro uchycení média (*Hub Camping Area* - HCA)**
- **Oblast kalibrace výkonu (*Power Calibration Area* - PCA)** - pouze pro média CD-R/CD-RW. Oblast pro nastavení optimálního výkonu laseru pro záznam dat.
- **Oblast programové paměti (*Program Memory Area* - PMA)** - pouze pro média CD-R/CD-RW. Do oblasti se ukládá tabulka obsahu (*Table of Contens* - TOC) do té doby, dokud není záznamová sekce dokončena. Po dokončení se TOC přepíše do zaváděcí oblasti.
- **Oblast zaváděcí (*Lead-In)*** - tato oblast obsahuje tabulku obsahu. V tabulce jsou zaznamenány informace o počátečních adresách, délce všech stop, celkové délce oblasti pro data a programy a nakonec jednotlivé informace o jednotlivých sekcích. Data zaznamenána na disk najednou metodou *Disc At Once* - DAO, mají jedinou zaváděcí oblast. U disků s více provedenými zápisy v několika sekcích, začíná každá sekce jednou zaváděcí oblastí. V zaváděcí oblasti je také uložena informace o počtu uložených sekcí a zda ještě disk není ukončen. Pokud není, je v zaváděcí oblasti uložena adresa na další záznamovou sekci.
- **Oblast pro data a programy (*Program/Data Area*)**

- **Ukončovací oblast (*Lead - Out*)** - obsahuje informaci o konci oblasti pro data a programy, nebo konec oblasti jedné sekce.

### 4.2.2 DVD disky

Základem je polykarbonátový disk o průměru 120mm a tloušťce 1,2mm s otvorem ve středu o průměru 15mm, stejně jako u disku CD. Záznam je také tvořen stopou s jamkami a pevninami. Avšak jedna strana DVD může obsahovat dvě záznamové vrstvy a navíc může být médium oboustranné. Obě záznamové vrstvy jsou lisovány odděleně a následně jsou plátky polykarbonátu slepeny k sobě. Výsledkem je disk o tloušťce 1,2mm. Největším rozdílem mezi CD a DVD diskem je jejich kapacita. Z důvodu větší kapacity DVD médií je použit jiný laser o kratší vlnové délce, který je zaostřen blíže k povrchu média. U dvouvrstvých médií platí, že první odrazová kovová vrstva je slabší, aby byl umožněn průchod laserového paprsku k vnitřní straně záznamu. Při čtení záznamu z vnitřní vrstvy se laserový paprsek zaostřuje na jinou vzdálenost. U oboustranných médií lze etiketu lepit pouze na malou plochu prstence poblíž středu disku.

Celý disk je opět rozdělen, obdobně jako u CD, na čtyři základní části. Oblast pro uchycení média, zaváděcí oblast, oblast pro data a ukončovací oblast. V případě dvouvrstvého média nahraného režimem OTP (*Opposite Track Path*), začíná druhá vrstva záznamu na vnějším okraji a pokračuje směrem ke středu. Disk se přitom otáčí stejným směrem jako při čtení vnější vrstvy. Při nahrávání OTP režimem, se ukončovací oblast nazývá střední.

Větší kapacita DVD oproti CD byla dosažena:

- větší účinností modulace při záznamu každého kanálu
- větší účinností kódu pro opravy chyb
- větším využitím celkové délky sektoru pro samotná data (u CD je 2048 bytů na sektor o velikosti 2352, u DVD 2048 bytů na sektor velikosti 2064)

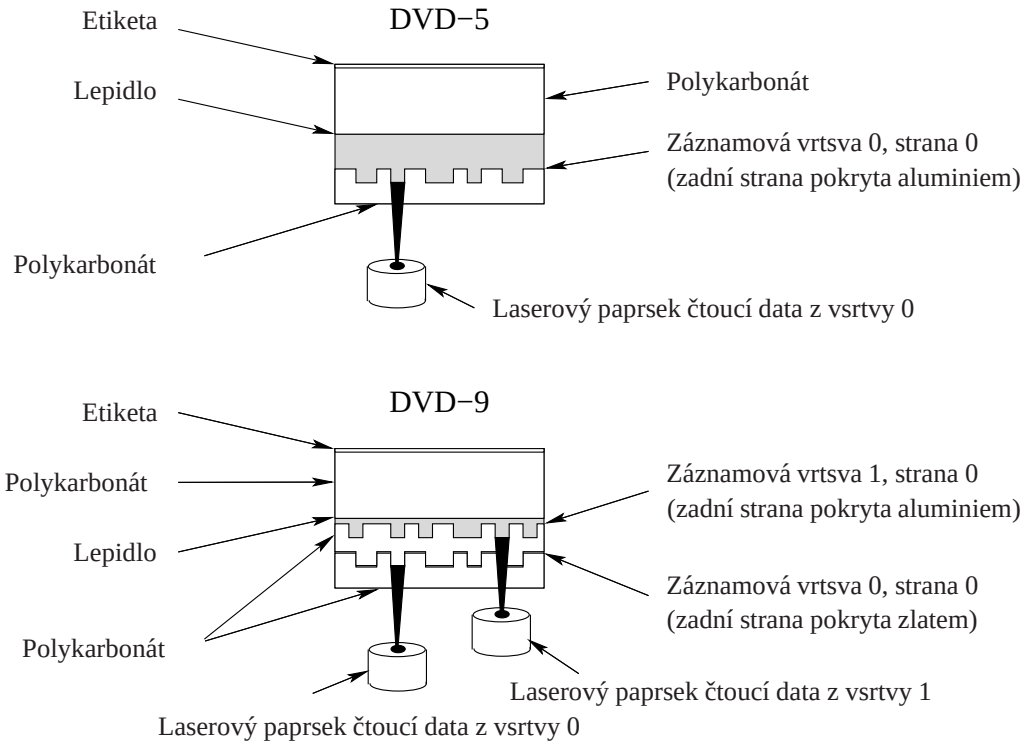
V současnosti existují čtyři základní typy DVD, lišící se počtem záznamových vrstev a počtem stran, na kterých je záznam uložen, tedy i kapacitou, která je uvedena v tabulce 4.2. (Na obr.4.4 jsou vyobrazeny vrstvy médií DVD-5 a DVD-9, obr.4.5 ukazuje média DVD-10 a DVD-18)

| **Typ média** | **DVD-5** | **DVD-9** | **DVD-10** | **DVD-18** |
|---|---|---|---|---|
| **Kapacita média** | 4,7GB | 8,5GB | 9,4GB | 17,1GB |

Tabulka 4.2: Kapacita DVD médií

#### DVD-5

Jednostranné, jednovrstvé médium o celkové kapacitě 4,7GB. Médium DVD-5 se vyrábí ze dvou vrstev polykarbonátu, které jsou k sobě přilepeny. Do jedné vrstvy, nazývané vrstva 0, je vylisován záznam a druhá je prázdná. Odrazná aluminiová vrstva se vytváří jen na vrstvě se záznamem.




Obrázek 4.4: Typy DVD diskových médií (DVD-5, DVD-9)

**DVD-9**

Jednostranné, dvouvrstvé médium o celkové kapacitě 8,5GB. Toto médium je složeno ze dvou slepených vrstev s vylisovaným záznamem, ke kterým je přilepena ještě třetí, prázdná vrstva, vytvářející druhou stranu média. Vnější lisovaná vrstva, vrstva 0, je pokryta polopropustnou odrazovou vrstvou zlata, která odráží světlo, jež je na ni zaostřené, a propouští veškeré světlo, jež na ni zaostřené není. Pro čtení obou vrstev se využívá jediný laserový paprsek, u kterého se mění pouze jeho zaostření.

**DVD-10**

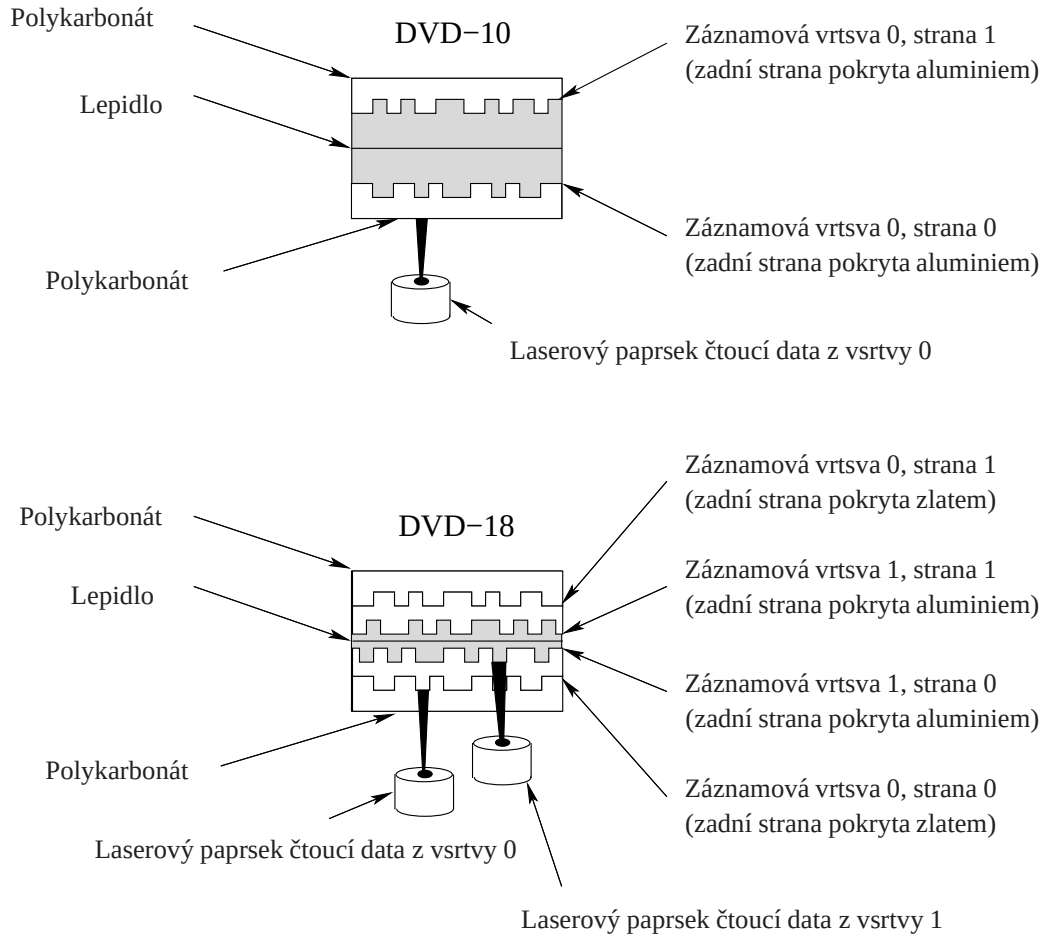
Dvoustranné, jednovrstvé médium o celkové kapacitě 9,4GB. Základem média jsou dvě vylisované vrstvy, slepené k sobě svými zadními stranami. Vrstva se záznamem, na každé straně vrstva 0, je ze zadní strany pokryta aluminiem. Ačkoliv médium je dvoustranné, mechanika DVD-ROM či přehrávač DVD mají jediný laserový paprsek. Proto musí být disk po skončení přehrávání jedné strany ručně otočen.

**DVD-18**

Dvoustranné, dvouvrstvé médium o celkové kapacitě 17,1GB. Každá strana média je tvořena dvěma slepenými vylisovanými vrstvami. Dvě dvojice takových vrstev jsou pak slepeny k sobě, a to svými zadními stranami. Vnější vrstvy na každé straně, vrstvy 0, jsou ze zadní strany pokryty polopropustnou vrstvou zlata, zatímco vnitřní vrstvy, vrstvy 1, jsou pokryty aluminiem. Odrazivost jednovrstvého disku se pohybuje v rozmezí 45% až 85%, zatímco u dvouvrstvého je to pouze 18% až 30%. Ke kompenzaci

rozdílné odrazivosti různých typů médií pak slouží obvody automatické kontroly zisku (*Automatic Gain Kontrol* - AGC).

U dvouvrstvých médií jsou nakresleny dva laserové paprsky, ale ve skutečnosti se používá jeden, který se různě zaostřuje.

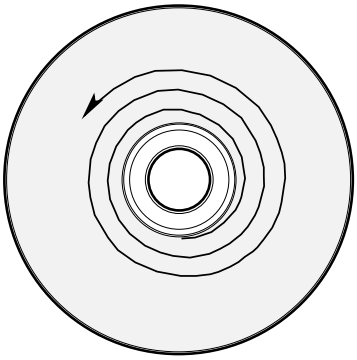



Obrázek 4.5: Typy DVD diskových médií (DVD-10, DVD-18)

## 4.3 CD ROM

CD-ROM (*Compact Disc Read Only Memory*) se označují optická média pro ukládání dat, umožňující jejich následné čtení, ale také mechaniky, sloužící k práci s těmito médii. Další formáty jsou CD-R (*CD - Recordable*) a CD-RW (*CD - ReWritable*). Přístup k datům, uloženým na CD-ROM, je rychlejší než přístup k datům, uloženým na disketách, je však podstatně delší než u současných nových disků.

Na rozdíl od magnetických nosičů, nemají optická zařízení mechanickou čtecí a záznamovou hlavu. Čtení zaznamenaných dat probíhá způsobem, kdy laser v přehrávači CD snímá z povrchu disku zaznamenaný vzor. Laser je umístěn rovnoběžně s povrchem disku, paprsek je na disk odrážen zrcadlem přes dvě čočky. Fotodetektor pak měří intenzitu odraženého světla. Laser nemůže poškodit nosič a na něm uložená data, i pokud dojde k havárii mechanismu. Při čtení se paprsek odráží od lesklého povrchu disku CD-ROM a nijak ho nepoškodí. Mechanismus laseru je od disku asi jeden milimetr. Protože se nejedná o mechanický princip, lze paprsek laseru velmi úzce zaostřit na malé plochy disku CD-ROM.



Obrázek 4.6: Spirálovitá stopa

Optické technologie jsou stabilnější než magnetická zařízení, protože nemají mechanické hlavy, které by mohly havarovat a zničit médium. Optický nosič sám je méně citlivý, náchylný k mechanickému poškození, navíc jej nelze poničit působením magnetického pole. Důležité je také to, že média pro jeden zápis CD-R vylučují přepsání nebo dokonce vymazání důležitých dat. Dalším rozdílem mezi pevným diskem a CD diskem je stopa, která má na CD médiu podobu spirály (obr.4.6). Z tohoto důvodu musí přehrávač měnit rychlost otáčení disku, aby zajistil stálou rychlost rotace (konstantní lineární rychlost - CLV - *Constant Linear Velocity*). Mechanika CD-ROM začíná číst disk směrem od vnitřních stop k vnějším. Mechanika se základní rychlostí (1x), se při čtení otáčí rychlostí 540ot/min, zatímco na okraji už jen rychlostí 212ot/min. Tímto způsobem se docílí konstantní rychlostí čtení.

Časový kód (ATIP) má formát :

*minuta* : *sekunda* : *sektor*

Tato metoda je pomalejší než systém u pevných disků:

*stopa* : *sektor*

Mechanika musí zaostřit laser na odhadnuté pozice, nastavit rychlost otáčení disku dle informace o adrese, a pak teprve přečíst data ze specifikovaného sektoru.

Čtení dat z CD média probíhá za pomocí laserové diody, která emituje infračervený laserový paprsek směrem k pohyblivému zrcátku. Na stopu, z které mají být čtena data, přesune servomotor zrcátko na základě příkazů z mikroprocesoru. Po dopadu paprsku na jamky a pevniny se světlo láme a odráží zpátky, kde je dále zaostřováno čočkou, nacházející se pod médiem. Od čočky světlo prochází pohyblivým zrcátkem, které je směrováno na optický hranol. Ten odražené světlo směruje na další čočku. Poslední čočkou celé soustavy dopadá světlo na fotocitlivý senzor, jenž převádí světelné impulsy na elektrické. Samotné elektrické impulsy jsou dekódovány mikroprocesorem a předány do počítače ve formě dat.

### 4.3.1 Části mechaniky CD-ROM

Mechanika CD-ROM obsahuje čtyři servomotory, optickou hlavu, ovládací čip, dynamickou vyrovnávací paměť a elektroniku pro dekódování signálů a řízení procesů. Hlavními částmi při čtení a ostření jsou:

#### Laserová (optická) hlava

Hlava je umístěna na posuvném rameni. Má svůj vlastní zaostřovací servomechanismus, který zaostřuje paprsek podle informací z obvodů kontroly zaostření přibližně na velikost jednoho pitu. U mechanik CD-ROM se používají polovodičové lasery (laserové diody). Výhodou laserových diod je použití malých mechanismů a nízkonapěťového napájení. Pro čtení vystačí laser s výkonem 0,5mW. Pro zápis už je potřeba výkon větší - 4 až 8mW pro jednoduchou rychlost, pro dvojnásobnou je již třeba 8 - 10mW. Energie je třeba k dosažení změny záznamového barviva. U CD-RW mechanik je nutný ještě silnější laser pro změnu fáze média do amorfního stavu. Výkon se pohybuje okolo 20mW. Pro přechod do krystalického stavu není již zapotřebí tolik výkonu, kolem 4 - 8mW. Laser u CD-RW mechanik při záznamu pulsuje, dle potřeby mezi vyšším a nižším výkonem, na rozdíl od CD-R mechanik.

#### Fotodetektor

Zachycuje světlo odražené od disku a převádí jej na digitální signál. Pokud se laser špatně zaostří, fotodetektor to rozpozná a vyšle signál do obvodů kontroly zaostření k provedení potřebných korekcí. Pro monitorování tvaru zachyceného světla na detektoru a opravu zaostření, je fotodetektor rozdělen na čtyři části. Kruhová skvrna na detektoru vyvolá shodný výstup ze všech čtyř kvadrantů. Výstupy detektoru jsou kombinovány do dvou párů. Tyto výstupní páry jsou poté porovnávány v komparátoru. Pokud jsou si všechny výstupy rovny, je na výstupu komparátoru napětí 0V. To indikuje správné zaostření, není prováděna žádná korekce.

#### Servomechanismus

Zařízení, které provádí mechanický posun po velmi malých krocích na základě elektrického signálu. CD mechanika potřebuje čtyři serva pro otáčení disku, zaostřování paprsku, vyhledávání stop a sledování stop.

- **Servo pro otáčení disku** - z důvodu rozdílné hustoty záznamu na stopě CD, které je způsobeno nahráváním dat konstantní obvodovou rychlostí, musí být rychlost otáčení menší při čtení u středu CD, zatímco směrem k okraji se zvyšuje. Čtecí hlava jde po průměru disku až narazí na korekční stopu. Pak čeká až přečte korekční sektor. Po každé takovéto operaci se musí servo, řídící otáčení disku, synchronizovat podle jednotlivého korekčního sektoru.

- **Zaostřovací servo** - zajišťuje redukci zaostření paprsku pohybem, nahoru a dolů k pohybu otáčení CD. Používá dvě čočky - normální a cylindrickou. Čočky vytvoří na detektoru jedinečný vzorek v tom případě, že je laserový paprsek dobře zaostřen. Normální čočka je zakřivena podle své vertikální i horizontální osy, zaostřuje procházející paralelní paprsky do jediného bodu. Cylindrická čočka je zakřivená pouze podle své horizontální osy. Světlo prochází postupně normální čočkou, pak čočkou cylindrickou. Po průchodu světla čočkou normální, není světlo zaostřeno. Jakmile projde cylindrickou čočkou, vznikne před detektorem vertikální světelná čára.
- **Servo pro vyhledávání stop** - umožňuje pohyb hlavy dovnitř a ven. Při blízkém hledání se pohybuje hlava relativně pomalu, z důvodu počítání prošlých stop. Při vzdáleném vyhledávání se hlava může pohybovat rychleji a nestíhá tak počítat stopy. Místo toho se počítá čas potřebný k přesunu, a přesun se provede pro určený čas. Pak se zastaví a přečte data pro zjištění, kde se zrovna nachází. Podle toho se pak donastaví. Ke konečnému nalezení hledané stopy může vést i několik takových kroků.
- **Servo pro sledování stop** - má za úkol stále udržovat laserový paprsek na datové stopě. Jednou z metod pro sledování stopy je metoda roztrojeného paprsku. Mechanika vysílá tři paralelní světelné svazky, které vznikly rozdělením laserového paprsku přes mřížku. Dva paprsky, které nesledují stopu, jsou odraženy mimo, zatímco třetí přenášející datovou informaci, se vrací k fotocitlivému snímači. Servo se snaží docílit u dvou paprsků konstantního signálu, čímž si udrží paprsek laseru stále ve stopě.

### 4.3.2 Charakteristiky CD-ROM

#### Rychlost CD mechanik

Média CD byla původně vyrobena za účelem záznamu zvuku. Proto byly mechaniky CD sestrojeny tak, aby rychlost čtení dat byla stále stejná. Z toho důvodu jsou zvuková CD nahrávána metodou CLV. Data se čtou stejnou rychlostí 1,3m/s. Jenže stopa má podobu spirály a poblíž středu má jiný průměr než na okraji. Proto také rychlost otáčení mechaniky je proměnná. Mechanika, čtoucí data rychlostí 1x, se u středu otáčí rychlostí 540ot/min, zatímco u konce stopy je rychlost otáčení pouhých 212ot/min. Z důvodu zvyšování nároků na výkon mechanik, začali výrobci zvyšovat rychlost otáčení. Mechaniky otáčející se dvojnásobnou rychlostí se označují symbolem 2x, čtyřnásobnou 4x, apod. Tento způsob vyhovoval do té doby, než se narazilo na 12x rychlostní mechaniky, rozmezí otáček 2568 až 5959ot/min. Další zvyšování výkonu při zachování konstantní obvodové rychlosti již nebylo možné. Z toho důvodu byla na trh uvedena mechanika, otáčející se konstantní úhlovou rychlostí CAV. CAV (*Constant Angular Velocity*) mechaniky jsou tišší než mechaniky CLV. U CAV není třeba, aby pohon mechanik rychle akceleroval nebo deceleroval. Existují i mechaniky kombinující technologii CAV a CLV, označují se *P-CAV*. U vypalovaček se záznam provádí v režimu CLV, zatímco při čtení dat jsou mechaniky přepnuty do režimu CAV.

#### Přenosová rychlost

Jedná se o ustálenou rychlost mechaniky roztočenou na plnou rychlost otáčení a po najetí na požadované místo. Určuje, s jakou rychlostí může mechanika číst velké soubory. Přenosová rychlost je udávána jako násobek základní přenosové rychlosti. Základní přenosová rychlost u CD-ROM mechanik je 153,6KB/s. Všechny rychlejší mechaniky než 12x, používají technologii CAV. Maximální udávané přenosové rychlosti je pak možno dosáhnout pouze při čtení na okraji CD média.

### Přístupová doba

Měří se stejně jako u pevných disků. Doba se udává v milisekundách, je dána zpožděním mezi přijetím příkazu pro čtení a okamžitém načtení prvního bitu dat. Přístupová doba u mechanik s přenosovou rychlostí 32x až 52x je 85ms až 75ms, u některých mechanik i méně (u pevných disků se pohybuje okolo 8ms). Jedná se o průměrnou přístupovou dobu, vypočtenou na základě několika náhodných čtení z disku.

### Kódování dat

Jakmile jsou data pro zápis na disk připravena, předají se dekodéru. Ten data zpracuje metodou EFM (*Eight to Fourteen Modulation*). Při kódování dochází, jak už název metody napovídá, k překódování ze zobrazení 256 hodnot do 8 bitů, do zobrazení 256 hodnot do 14 bitů. Toto kódování a dekódování je prováděno pomocí kódovací tabulky, která je uložena v každé mechanice CD-ROM v paměti ROM.

Konverzní kódy jsou navrženy tak, aby nikdy nenastala situace, kdy po sobě následuje více než 10 logických hodnot 0. Zároveň ale platí, že se logická 0 nemůže nikdy vyskytovat sama, vždy obsahuje alespoň dvě nuly za sebou. Předejde se tak ukládání dlouhých řetězců nul.

Dalším cílem je omezení minimální a maximální frekvence počtu přechodů, vytvářené na médiu. Platí tedy, že minimální počet nul je větší než 2 a méně než 10 logických. Minimální vzdálenost mezi dvěma logickými 1 je pak 3 časové intervaly, které se označují jako 3T, a maximální 11 časových intervalů, 11T. Protože bity prochází k dekodéru převáděcím kanálem, nazývá se obraz skutečných bitů „kanálové bity“ (*channel bits*). Vlivem použité vlnové délky světla pro čtecí laser, je nejmenší průběžná vzdálenost 3T. Maximální časový interval 11T je z důvodu časování datového toku z CD, podle kterého mechanika řídí otáčení disku tak, aby byla zajištěna konstantní obvodová rychlost. Sečtení 3T a 11T channel bitů dává výsledek 14 channel bitů. Z fyzikálních důvodů není možné, aby za sebou byly dvě logické 1. Jenže pokud za sebou půjdou dva 14 bitové kódy, z nichž jeden bude končit jedničkou a druhý začínat logickou 1, může tento stav nastat. Proto se mezi jednotlivá slova vkládají ještě 3 propojovací bity (*merge bits*). Tyto propojovací bity obvykle obsahují logické 0, ale v případě potřeby oddělení dlouhých řetězců logických 0, je možné aby nabývaly logických 1. Jedno 8 bitové slovo je pak tvořeno 17 kanálovými bity. Každý byte je pak po převodu tvořen 17 bity.

Na začátek každého rámce je navíc přidáno synchronizační slovo o délce 24 bitů a další 3 propojovací bity. Počet 98 rámců na jeden sektor vynásobený velikostí rámce 588 bitů (73,5 bytů), dává velikost jednoho sektoru o kapacitě 7203 bytů. Disk o délce 74 minut má tak kapacitu kolem 2,4GB, z níž pouhých 682MB je určeno pro vlastní uživatelská data.

U zvukových médií je pro data v jednom sektoru určeno celkem 2323 bytů dat. V případě datových médií se dalších 304 bytů využívá pro uložení identifikačních a synchronizačních bitů a dat kódu ECC a EDC. Proto lze u datového CD do jednoho sektoru uložit pouze 2048 bytů dat. To znamená přenosovou rychlost $2048 * 75 = 153600$ bytů/s u jedno-rychlostních mechanik.

### Zpracování chyb při čtení

Data zaznamenávána na disk jsou připravena tak, aby se dala případně opravit. Chyby se mohu vyskytnout při poškrábání povrchu disku, nečistotami, prachem, nepravidelnostmi v polykarbonátové vrstvě. CD média využívají pro kontrolu chyb a jejich případnou opravu kontrolu parity spojenou s prokládáním. Tento mechanismus se nazývá CIRC (*Gross Interleaved Reed Salomon Code*). Je implementován do většiny audio a CD-ROM přehrávačů. CIRC je samoopravný kód, pracuje na úrovni jednotlivých rámců. Při ukládání je prvních 24 bytů rámce předáno do kodéru CIRC. Ten vytvoří další čtyři byty paritního kódu Q, které se přidají k původním 24 bytům. K výsledným 32 bytům

se přidá 1 byte subkódu. Poškození sousedních rámců je dále minimalizováno tím, že části rámců jsou ukládány s prokládáním. U zvukových médií dokáže CIRC opravit chyby o maximální délce 3847 bitů, což odpovídá 2,6mm délce stopy. U zvukových CD lze tento kód využít i ke skrytí, interpolaci, dalších chyb, jenž mají délku až 13282 bitů, 8,9mm délky stopy. Interpolace je zde proces výpočtu chybějících dat na základě jejich známých průměrných nebo okamžitých hodnot. Vypočtená data se použijí k nahrazení dat chybějících či poškozených.

**Velikost zásobníku nebo paměti Cache**

Zásobníky umožňují ukládání načtených dat před jejich odesláním do PC. Velikost zásobníku u mechanik umožňujících zápis bývá 2 až 4MB.

### 4.3.3 Rozhraní

U jednotek CD se můžeme setkat s rozhraními IDE, SCSI, ATA/ATAPI, USB, FireWire nebo se připojují přes zvukové karty nebo paralelní port. Od roku 1997 také pomocí rozhraní SDX Storage data Acceleration.

**IDE**

Starší jednotky IDE se prodávaly se speciální řadičovou kartou, protože různí výrobci měli různá rozhraní.

**Přes zvukovou kartu**

Při připojení jednotky CD přes zvukovou kartu, byla výrobci řešena různými rozhraními s integrovanými konektory. Pokud není kupován celý kit, nastane problém při spojení zvukové karty s CD (nenormalizované konektory).

**ATA/ATAPI**

Rozšíření standardního ATA pro připojení pevných disků. ATAPI zobecnilo rozhraní tak, že se disky obejdou bez zvláštních karet. Pak je ale nutné zapojit CD jako slave disk, kdežto hard disk jako master. Pokud je CD jako třetí disk, pak se musí použít druhá karta řadiče, nakonfigurovaná jako sekundární řadič. Tento problém je vyřešen u EIDE řadičů. Připojení přes klasický 40ti pinový IDE konektor.

**SCSI**

SCSI řadiče jsou výhodné, kde se počítá s více disky (sedm až patnáct). Tento řadič odstraňuje také problémy s připojením na operační systémy OS2 nebo Unix. Komunikaci mezi jednotlivými zařízeními a hostitelským adaptérem pak zprostředkovává standardní softwarové rozhraní, označované ASPI.

**USB**

Přes USB port se připojují většinou externí jednotky CD-ROM. Velkou výhodou je možnost připojení jednotky za běhu systému, jsou rychlé a snadno se nastavují. U rozhraní USB verze 1.1 umožňuje přenos dat rychlostí 1145 až 1200KB/s. USB 2.0 podporuje přenosovou rychlost až 60MB/s.

**FireWire**

Vysoce výkonné rozhranní, především pro přenos videa. Rozhraní vyvinuté firmou Apple, proto není příliš vhodné pro klasická PC. Je optimální pouze v případě kombinací dvou operačních systémů Windows a MacOS, nebo přidáním rozšiřující karty s těmito porty.

**SDX Storage data Acceleration**

SDX Storage data Acceleration, je připojení CD disku přímo na pevný disk (později i dalších zařízení) pomocí 10ti (2x5) pinového konektoru. CD je připojen přes vnitřní 133MB buffer (vyhrazená část na pevném disku) na rychlý disk. Pro BIOS je pevný disk zapojen jako master, CD jako rychlý slave. Na pozici slave u tohoto IDE portu už ale nejde napojit jiné zařízení. Připojením přes buffer na rychlý IDE zrychlí i činnost CD u některých programů. Rychlost přenosu je pak limitována rychlostí mezi diskem a periferii a to na 8,62MB/s (což odpovídá mechanice s 32násobnou rychlostí). Pro Ultra DMA to je rychlost 33MB/s. SDX urychluje zejména aplikace běžící v reálném čase.

### 4.3.4 Formáty CD-ROM

Postupem času byly vyvinuty formáty definující pravidla pro zápis. Pro uživatele PC jsou nejdůležitější Červená a Žlutá kniha. Celkem existuje osm formátů. Červená kniha (Red Book) byla vytvořena jako první firmou Philips a Sony, ta pak byla převzata i novějšími standardy. Všechny novější standardy vlastně jen určují způsob, jak využít 2352 bytů v každém sektoru, typy dat, které lze do nich uložit, způsob jejich formátování apod.

**Red Book - CD-DA**

Nejstarší, původní standard mechanik a médií CD. Určuje základní fyzické parametry média, technologii detekce a opravy chyb,specifikaci optické technologie používané pro čtení, systém řízení, specifikaci zaznamenávaného zvuku apod.

**Yellow Book - CD-ROM**

Standard převzatý ze základních parametrů červené knihy. Jsou zde přidány nové mechanismy detekce a opravy chyb, umožňující využít CD média pro spolehlivý záznam dat. Tento standard také definuje synchronizační informace a hlavičky sektorů, které slouží k přesnějšímu vyhledávání jednotlivých sektorů na médiu. Žlutá kniha má dvě různé varianty sektorů, *Mode1* a *Mode2*. Rozdíl spočívá především ve využívání mechanismu kontroly a opravy chyb. Firmy vytvářející tento standard totiž vycházely z toho, že některé počítačové soubory nesmí obsahovat chyby, zatímco při čtení některých jiných dat jsou menší chyby přípustné. Při použití mechanismu s menší kontrolou a opravou chyb lze pak zvýšit využitelnou kapacitu média.

**CD-ROM XA**

Doplněk standardu Yellow book. Definice tohoto standardu byla reakcí na potřebu pohodlně míchat na jednom CD programová, zvuková a obrazová data. Tento standard má využití zejména pro multimédia. CD-ROM XA tedy rozšiřuje žlutou knihu o tři základní vlastnosti. Rozšířené formáty sektorů, prokládání a ADPCM komprese pro zvuk. Prokládáním je zde myšleno střídavé ukládání sektorů obsahujících video nebo zvuk. Z tohoto důsledku jsou za každou identifikační značkou sektoru informace,

určující zda se jedná o grafiku, text, či zvuk. ADPCM (*adaptive differential pulse code modulation*) je norma pro kompresi zvukových dat, ve většině případě v poměru 4:1. CD-ROM tak musí umět správně vyslat do reproduktorů zvukový signál správně dekódovaný a komprimovaný.

**Green Book - CD-i**

Formát využívá stejný formát sektorů jako CD-ROM/XA, navíc ale obsahuje video sekvence kódované pomocí MPEG. Nabízí řadu interaktivních operací, např. přepínání z jednoho běžícího filmu do jiného. Média v tomto formátu nelze přehrávat v počítači.

**Orange Book - CD-R, CD-RW**

Popisuje formát pro zapisovatelé CD. Zápis může probíhat najednou, kde se data zapíšou na disk v jediné nepřerušované sekvenci (*single session*), nebo postupně v několika záznamech (*multissesion*).

**White Book - Video CD**

Tento standard vychází z Green Book a CD-ROM XA. Definuje médium o kapacitě 74 minut, na které lze nahrát hudbu komprimovanou algoritmem ADPCM, a video uložené v kompresi MPEG-1. Tato média lze považovat za levnější variantu DVD.

**Blue Book - CD EXTRA**

Rozšíření standardu CD-DA. Média v tomto formátu umožňují přehrát hudbu ve standardním CD přehrávači a číst data v počítači. CD EXTRA média obsahují dvě sekce. První je zvuková, která je tvořena až 98 stopami standardu Red Book. Druhá datová, sestává ze sektorů standardů CD-ROM XA.

## 4.4 DVD

O DVD (Digital Versatile Disc - univerzální digitální disk) médiu se dá říci, že je vysokokapacitním CD. Díky kompatibilitě lze v mechanikách DVD-ROM číst i všechna média CD-ROM. Proti klasickým CD má DVD zvýšenou kapacitu, danou především zvýšením frekvence světelného paprsku, jiné ostření i způsob kódování dat. Aby bylo možné na disk o rozměrech klasického CD média nahrát větší množství dat, používá se laser ve viditelném spektru. Jeho barva je červená o vlnové délce 650nm.

Mechaniky DVD však mohou mít problémy i s kompatibilitou, především při čtení médií typu CD-R a CD-RW. Příčinou je použité barvivo v záznamové vrstvě. Odrazivost barviv silně závisí na vlnové délce laserového světla, použitého pro čtení. Při použití světla o vlnové délce 780nm, které se používá u standardních mechanik CD-RW, je odrazivost vysoká. Světlo o vlnové délce 650nm, používané u DVD mechanik, má odrazivost výrazně nižší. Řešením je použití dvou různých diod, každé o vyzařovaném světle jiné vlnové délky. Tento standard se nazývá *MultiRead* a *MultiRead2* definovaný organizací OSTA (Optical Storage Technology Association).

Kapacita DVD se pohybuje od 4,7GB u jednostranných jednovrstvých médií do 17,1GB u dvouvrstvých oboustranných médií. Obvodová rychlost média v DVD-ROM CAV mechanice s 20x rychlostí, dosahuje hodnot až 251km/hod.

Rozhraní používaná u DVD mechanik jsou stejná, jako u mechanik CD-ROM.

### 4.4.1 Charakteristiky DVD mechanik

Charakteristiky jsou obdobné jako u CD-ROM mechanik s několika rozdíly.

#### Rychlost DVD mechanik

U většiny DVD médií jsou data zaznamenávána s konstantní obvodovou rychlostí CLV. U jednorychlostních mechanik je tato rychlost 3,49m/s, u dvouvrstvých disků 3,84m/s. Poblíž středu se mechanika otáčí rychleji. Rozmezí rychlosti otáčení média v mechanice je od 1515ot/min (blíže středu) až 570ot/min (na okraji).

#### Přenosová rychlost

Základní přenosová rychlost u DVD-ROM mechanik je 1,385MB/s ( u CD-ROM 153,6KB/s). Vzhledem ke kompatibilitě CD a DVD, se u DVD mechanik uvádějí dvě hodnoty přenosových rychlostí, z nichž druhá uvádí rychlost při čtení CD médií.

#### Přístupová doba

Protože čtení DVD médií vyžaduje přesnější navádění laserového paprsku, platí že přístupová doba pro čtení dat z DVD bývá o 10 až 20ms delší než při čtení z CD média.

#### Kódování dat

Stopa na disku DVD média je rozdělena do časových intervalů. Platí, že jamka nebo pevnina je dlouhá minimálně 3T a maximálně 11T. Jamka délky 3T je posloupnost bitů 1001, jamka délky 11T je bitová posloupnost 100000000001. Data se před ukládáním na disk transformují modulací 8 na 16 (u CD disku modulace 8 na 14), označuje se *EFM+*. Na rozdíl od CD se při spojování jednotlivých znaků nepoužívá propojovací řetězec, proto je metoda EFM+ efektivnější.

#### Zpracování chyb při čtení

Metody používané pro detekci a kontrolu chyb při záznamu DVD jsou podstatně efektivnější, než mechanismy používané u CD. Navíc u CD závisí úroveň detekce a opravy chyb na obsahu záznamu, zda-li obsahuje data, video nebo záznam zvuku. U DVD je kontrola chyb prováděna u všech sektorů stejně. Základní kontrola je prováděna na úrovni ECC rámce. K datovému rámci se přidává vnější sloupcová a vnitřní řádková parita. Informace z datového rámce jsou rozděleny na 12 řádků, obsahujících 172 bytů. Pomocí polynomiální rovnice se pak pro každý řádek vypočítá 10 bytů vnitřní parity. Délka řádků tak vzroste na 182 bytů. Poté za pomocí podobné polynomiální rovnice je vypočítán pro každý sloupec 1 byte (řádek) vnější parity. Výsledná matice má rozměry 13 na 182 bytů.

Na DVD se také při zápisu přesouvají bity v jednotlivých rámcích a některé ECC rámce jsou prokládány. Zabrání se tím, aby jeden škrábanec na nosiči dat poškodil navazující oblasti dat.

### 4.4.2 Typy mechanik umožňujících zápis

Mezi prvními byly mechaniky DVD-RAM a DVD-R. Později přibyl standard DVD-RW. Standardy DVD+R a DVD+RW byly výsledkem vzniku nové organizace, zabývající se vývojem pro optický záznam. Důvodem vzniku byla nespokojenost s předchozími standardy, proto je mezi uvedenými formáty omezena vzájemná komptabilita. Zatím je DVD+RW mechanika s největší kompatibilitou se všemi možnými druhy médií.

#### Mechaniky DVD-RAM

Umožňují přepis dat, jsou založeny na technologii změn struktury podobně jako u mechanik CD-RW. Ne všechna média tohoto typu jsou čitelná v mechanikách DVD-ROM, z důvodu nízké odrazivosti média a jiného formátu. Mechaniky DVD-ROM schopné číst tato média mají označení *MultiRead2*. Zápis lze provádět pouze v jedné vrstvě. Na trhu existují jednostranná a dvoustranná média o velikostech 2,6GB, 4,7GB a 5,2GB, 9,4GB.

Zápis je prováděn do zvlněných pevnin a drážek obdobně jako u médií CD-RW. Data se zapisují jak do pevnin, tak i do samotných drážek, ty jsou na médium vytvořeny již v průběhu výroby. Během výroby jsou do média také vylisovány speciální jamky hlaviček sektorů. Vlnění drážky je z důvodu správného časování mechaniky.

Oboustranná média jsou uzavřena ve speciálních pouzdrech.

#### Mechaniky DVD-R

Mechaniky DVD-R umožňují jednorázový zápis na média tohoto typu. Média lze pak přehrávat v mechanikách DVD-ROM. Kapacita jednostranných médií je 4,7GB a 9,4GB u oboustranných. Zápis je stejně jako u DVD-RAM prováděn do zvlněných drážek, ale data jsou ukládána pouze do drážek vytvořených na médiu při jeho výrobě. Rozteč drážek je menší než u médií DVD-RAM.

#### Mechaniky DVD-RW

Zápis dat využívá změn struktury podobně jako u DVD-RAM s tím rozdílem, že média jsou analogická s těmi, které se používají v mechanikách DVD-R. Formát je kompatibilní téměř se všemi DVD-ROM mechanikami.

### Mechaniky DVD+RW

Tento formát je obecně nejvíce podporován softwarovými firmami, zabývající se záznamem dat na optická média. Mechaniky DVD+RW jsou kompatibilní s médii DVD+R i DVD+RW, přičemž DVD+RW umožňuje i přepis dat. Média vytvořená v mechanikách DVD+RW, lze číst v mechanikách DVD-ROM. Kapacita jednostranných disků je 4,7GB, u dvoustranných 9,4GB.

Při zápisu dat na médium se používá laserový paprsek o vlnové délce 650nm. Zápis může být prováděn technologií CAV i CLV. Navíc mechaniky DVD+RW umožňují pozastavení záznamu a následné pokračováni v něm beze ztráty kapacity média. Díky tomu lze velmi přesně nahradit kterýkoliv z datových bloků o velikosti 32kB, což je nejmenší záznamová jednotka, blokem novým. Přesné časování a adresování je u DVD+RW dosaženo vyšší frekvencí stranových výchylek zvlněné drážky. Proto je mechanika schopna najít požadované místo s přesností 1$\mu$m.

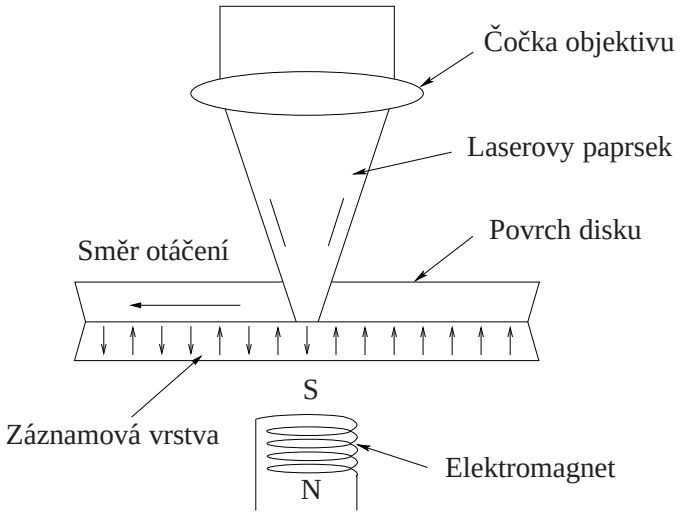
Po vložení zapisovatelného média do mechaniky DVD+RW, je možno téměř okamžitě zapisovat, v důsledku rychlého formátování. To probíhá v pozadí a je prováděno před tím, než jsou data do daného místa zapsána data.

# Kapitola 5

# Paměti magneto-optické

## 5.1 Princip ukládání dat

Magnetooptický disk MO-CD kombinuje oba principy - magnetický i optický. V této souvislosti se často používá označení *termomagnetooptický* disk. Využívá se totiž lokální změny magnetické orientace, vznikající za současného působení tepla a elektromagnetického pole. I tento proces je vratný.

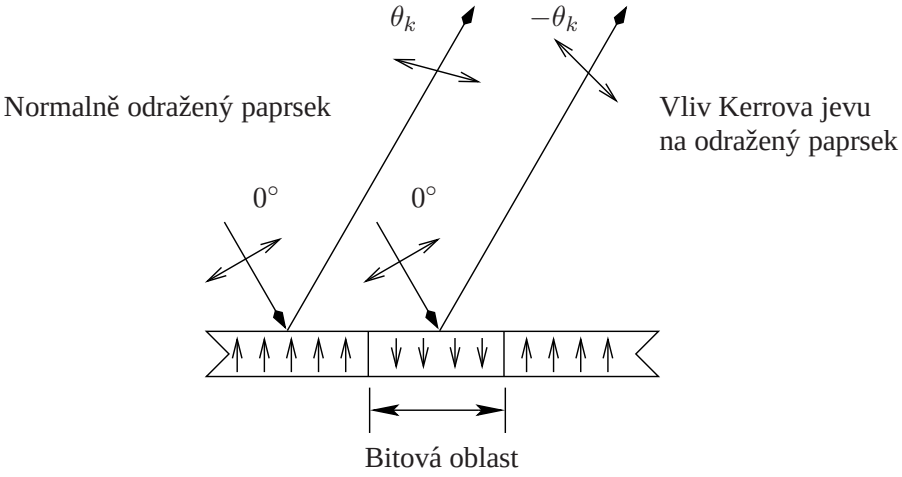



Obrázek 5.1: Záznam dat u magnetooptických disků

Informace se na MO disk zaznamenává magneticky při současném ozáření daného místa výkonným laserovým svazkem. Základem MO disku je magnetická vrstva, jejíž Curieův bod leží v okolí 180°. Curieův bod je teplota, při které látka přechází z chování feromagnetického na chování paramagnetické. Magnetický stav látky paramagnetické se dá změnit podstatně slabším magnetickým polem než stav látky feromagnetické. Tohoto faktu se využívá při záznamu. Laserový paprsek se zaostří do stopy o průměru menším než jeden mikrometr a laserová dioda se přepne do výkonového režimu. Dopadem svazku se osvětlené místo ohřeje na teplotu přesahující Curieovu a magnetické pole záznamové hlavy přemagnetuje ohřátou oblast do příslušného směru. Přestane-li laserový paprsek na dané místo působit, dojde rychle k ochlazení a tím i k přechodu magnetické vrstvy do stavu feromagnetického. Vnější magnetické pole záznamové hlavy však již k přemagnetování nestačí, je příliš slabé. Celou situaci

ukazuje obrázek 5.1.

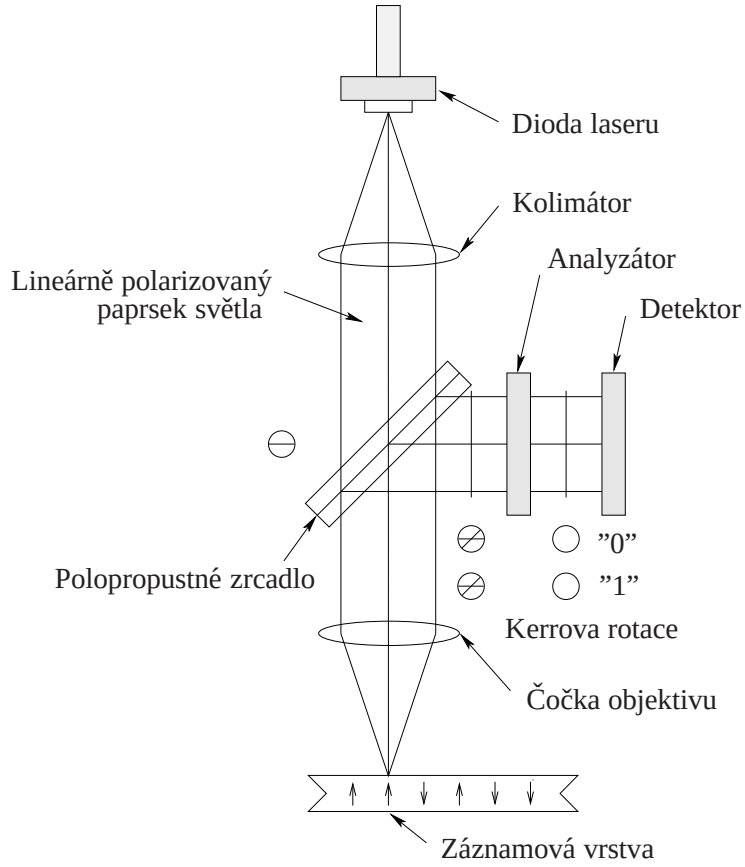
Čtení dat (obr.5.3) je založeno na tzv. Kerrově jevu (obr. 5.2). Spočívá v tom, že rovina polarizovaného světla odraženého od magnetického povrchu se otočí ve směru hodinových ručiček, nebo proti jejich směru v závislosti na magnetické orientaci povrchu. Rychlost čtení je obdobná jako u magnetických disků.




Obrázek 5.2: Kerrův efekt

Novější technologií magnetooptických disků je LIMDOW (*Light Intensity Modulation Direct OverWrite* od firmy Nicon) . Mechanizmus spočívá v zápisu a mazání ve dvou fázích pomocí změny modulace laserového paprsku. Aby se dosáhlo současně i magnetických změn, vyžaduje tato metoda speciální médium, které je složeno z osmi velmi tenkých vrstev. Každá vrstva je optimalizována pro požadovanou optickou nebo magnetickou změnu. Data jsou uchovávána magnetizací v paměťové vrstvě (*Memory layer*). Zápisová vrstva (*Writing Layer*) řídí magnetizaci paměťové vrstvy při zápisu. Správnou magnetizaci paměťové vrstvy zaručují inicializační a přepínací (*initializing and switching*) vrstva. Každá vrstva má takovou Curieho teplotu, aby byly vytvořeny podmínky pro generace zápisu. Proces inicializace se jeví jako teplota pod Curieovým bodem přepínací vrstvy (150°C). V té chvíli zápisová vrstva kopíruje magnetizaci inicializační vrstvy prostřednictvím vrstvy přepínací. Stav vysokého výkonu laseru se projeví jako teplota v blízkosti Curiehova bodu zapisované vrstvy (260°C), kdy zápisová vrstva je magnetizována vnějším polem. Stav nízkého výkonu generuje teplotu blízko Curieova bodu paměťové vrstvy (210°C), kdy magnetizace zápisové vrstvy je přenesena do paměťové vrstvy pomocí výměnné vazby. Přepínací a zápisová vrstva jsou v datové oblasti nastaveny automaticky do inicializačního stavu díky inicializační vrstvě, kdy teplota celého svazku vrstev klesá k Curieově teplotě přepínací vrstvy. Jakmile zápisový sektor proběhne kolem optické hlavy, laser je modulován ve dvou výkonových úrovních a tak dojde k zápisu informací na toto médium. Jak zápis tak i čtení je provedeno v době jedné otáčky. Kapacita je obvykle do 1,3GB, maximálně 4,6GB. Novelizace této technologie proběhla v roce 1999 a je nazývána LIMDOW MSR.

Další technologií je MO7, která je schopna konkurovat DVD diskům. Používá technologii fázových změn. Velikost disků je stejná jako u DVD tj. 12cm. Kapacita disku je 6 až 7GB.




Obrázek 5.3: Čtení dat u magnetooptických disků

## 5.2 Média pro magnetooptický záznam

Slitina MnBi byla jednou z prvních studovaných materiálů. Nevýhodou této slitiny je velká Curieova teplota 360°C. Velmi dobré výsledky mají amorfní slitiny vzácných zemin, oxidy s granátovou strukturou obsahující vizmut Bi zvyšující změnu polarizace odraženého paprsku. Tyto materiály se průmyslově nanášejí ve formě tenkých polykrystalických vrstev, například naprašováním na průhledné podložky.

## 5.3 Magnetooptické disky

Existují dvě standardní velikosti médií pro magnetooptický záznam, a sice 3,5” a 5,25”. Disky o velikosti 3,5 palce mají maximální kapacitu 1,3GB, na větší 5,25 palcové média lze uložit až 5,2GB dat. U starších verzí médií bylo možno data ukládat pouze jednorázově, nebylo možno disk přemazat (WORM - *Write Once Read Many*). MO mechaniky jsou zkonstruovány tak, že médium není v mechanice zabudováno pevně. Před použitím se do mechaniky vkládá podobně jako disketa. Magnetické prvky čtecí a zápisové hlavy jsou umístěny z jedné strany disku a laserové prvky jsou umístěny na straně druhé. Proto mechanika dokáže zapisovat pouze na jednu stranu média a pro uložení dat na druhou stranu je potřeba médium z mechaniky vyndat a otočit. Magnetooptické disky jsou uza-

vřeny do plastikových pouzder, která je chrání před mechanickým poškozením. Za normálních teplot je magnetický povrch magnetooptického disku velmi stabilní a umožňuje archivaci dat až po dobu 30 let.

### 5.3.1 Geometrie disku

Záznam magnetooptického disku je podobně jako u CD médií tvořen spirálou. Disk se otáčí konstantní rychlostí. Stopa je rozdělena na 25 sektorů po 512B nebo 1024B.

### 5.3.2 Výkonové charakteristiky

#### Přenosová rychlost

U médií 3,5 palcových s kapacitou 1,3GB je maximální přenosová rychlost až 5,9MB/s. Média 5,25” o velikosti 5,2GB mají přenosovou rychlost o něco nižší, a to 5,07MB/s při čtení a 2,48MB/s při zápisu.

#### Oprava chyb

Při záznamu se používá samoopravný kód, který dokáže opravit shluky chyb o délce až 40 byte. Tyto zabezpečovací informace ovšem znamenají, že z neformátované kapacity disku je pro záznam dat využito jen jeho 70%.

### 5.3.3 Rozhraní

Z počátku byla velká nevýhoda nutnost použít pro připojení rozhraní SCSI, které bylo drahé a mělo malou podporu operačních systémů MS-DOS a Windows 3.x. V dnešní době jsou rozhraní SCSI podporovány operačními systémy mnohem lépe a jsou levnější. Navíc lze použít externí rozhraní FireWire.

# Kapitola 6

# Závěr

Diplomová práce popisuje externí paměti počítačů. Záměrem bylo vytvořit srozumitelný studijní materiál pro studenty Katedry informatiky, VŠB-TU Ostrava, jako doprovodný text k přednáškám, na kterých není vždy dostatek prostoru probrat dané téme podrobně do detailů. Práce je samozřejmě určená také všem, kdo má zájem prohloubit si znalosti a dovědět se něco nového o této problematice.

Tato práce by měla být použita spolu s dalšími texty katedry informatiky, popisující externí paměti počítačů, a tím vytvořit kompletní studijní materiál.

Principy technologií jsou popsány srozumitelnou formou, text je doprovázen kvalitně zpracovanými obrázky.

Práce může být kdykoli v budoucnu podle potřeb doplňována o nové poznatky a technologie.

# Literatura


[1] LIČEV, L.: *Architektura počítačů II.*, skriptum FEI VŠB-TU Ostrava, 1999

[2] ŠNOREK, M.: *Periferní zařízení.*,skriptum FE ČVUT Praha, 2002 ISBN 80-01-02553-5

[3] VRÁTIL, Z.: *PC XT + AT, Velká encyklopedie PC.*, 1. vyd. Sokolov: GETHON audio and computer, 1995

[4] BARTOŇ, M.: *Velká kniha o vypalování CD.*, 1. vyd. 602 00: UNIS Publishing s.r.o., 1999 ISBN 80-86097-26-9

[5] MUELLER, S.: *Osobní počítač, hardware-upgrade-opravy.*, 14. vyd. Brno: Computer Press a.s., 2004 ISBN 80-7226-796-5

[6] MINASI, M.: *Velký průvodce Hardwarem.*, 12. vyd. Praha: Grada Publishing a.s.

[7] COMPUTERWORLD, 7/99

[8] PCWORLD 8/01

[9] CHIP 1/97

[10] PCWORLD 2/97

[11] COMPUTERWORLD 12/97

[12] PC MAGAZIN 7/97

[13] Magnetorezistivní hlavy pevných disků [online].[cit. 2005-02-28]. Dostupné z: http://www.vahal.cz/html/mrhead.html

[14] Hard Disk Read/Write Head Technologies [online].[cit. 2005-03-03]. Dostupné z: http://www.pcguide.com/ref/hdd/op/heads/tech.htm

# Příloha A

# Souhrn nejpoužívanějších technologií